機械設備のリスクアセスメントマニュアル

機械設備製造者用

平成２１年度　厚生労働省委託
機械包括安全指針に基づく機械設備に係る表示制度、
使用上の情報提供等の促進事業

中央労働災害防止協会

【目　　　次】

図：

表：

参考文献：社団法人　日本機械工業連合会
機械工業会リスクアセスメントガイドライン

はじめに

機械設備による労働災害の一層の防止を図るには、機械設備の製造等を行う者（機械設備を設計し、製造し、若しくは輸入し、それを販売する企業はもとより、自社内で使用する機械設備を設計・製造する部門（内製部門）や自社内で使用する機械設備を自ら設計し外部に組み立てのみを発注する事業場も含む。以下「機械設備製造者」という）が機械設備を設計･製造する段階でリスクを低減し、機械を労働者に使用させる事業者（以下「機械設備使用者」という）に対して機械設備を使用する段階において実施するリスクアセスメントが適切に実施されるよう、必要な情報が提供されることが重要である。

そこで、このような機械設備製造者の取り組みが円滑に推進されるよう、本書は機械設備を設計･製造する段階でのリスクアセスメントの実施方法についての基本原則及び具体的に進める際のポイントを、厚生労働省による「機械の包括的な安全基準に関する指針（平成 19 年 7 月 31 日付け基発第 0731001 号)」（以下「機械包括安全指針」という）に沿って解説するとともに、具体的な事例を交えたマニュアルとして示したものである。

なお、本来の意味でのリスクアセスメントは、リスク低減のための保護方策を含まないため、第３章の内容は、図１のなかの「機械の制限仕様の指定」から「リスクの見積もり・評価」までとし、併せて手順の最後に実施すべき（図１では「終」としか表示されていないが）「実施内容の文書化」について、その実施の際のポイントとなる事項を主に取り上げている。また、リスク低減のための保護方策及びその実施と関連の深いリスクの再評価については、第４章と第５章で別途説明する。

まずは、本マニュアルを一読した上で、具体的な手順を記述した別冊に従ってリスクアセスメントを実施してみることが肝要である。ただし、本マニュアルは機械設備使用者が自ら機械を改造した後に実施するリスクアセスメントについては考慮していないので注意されたい。

「機械の包括的な安全基準に関する指針」別図より

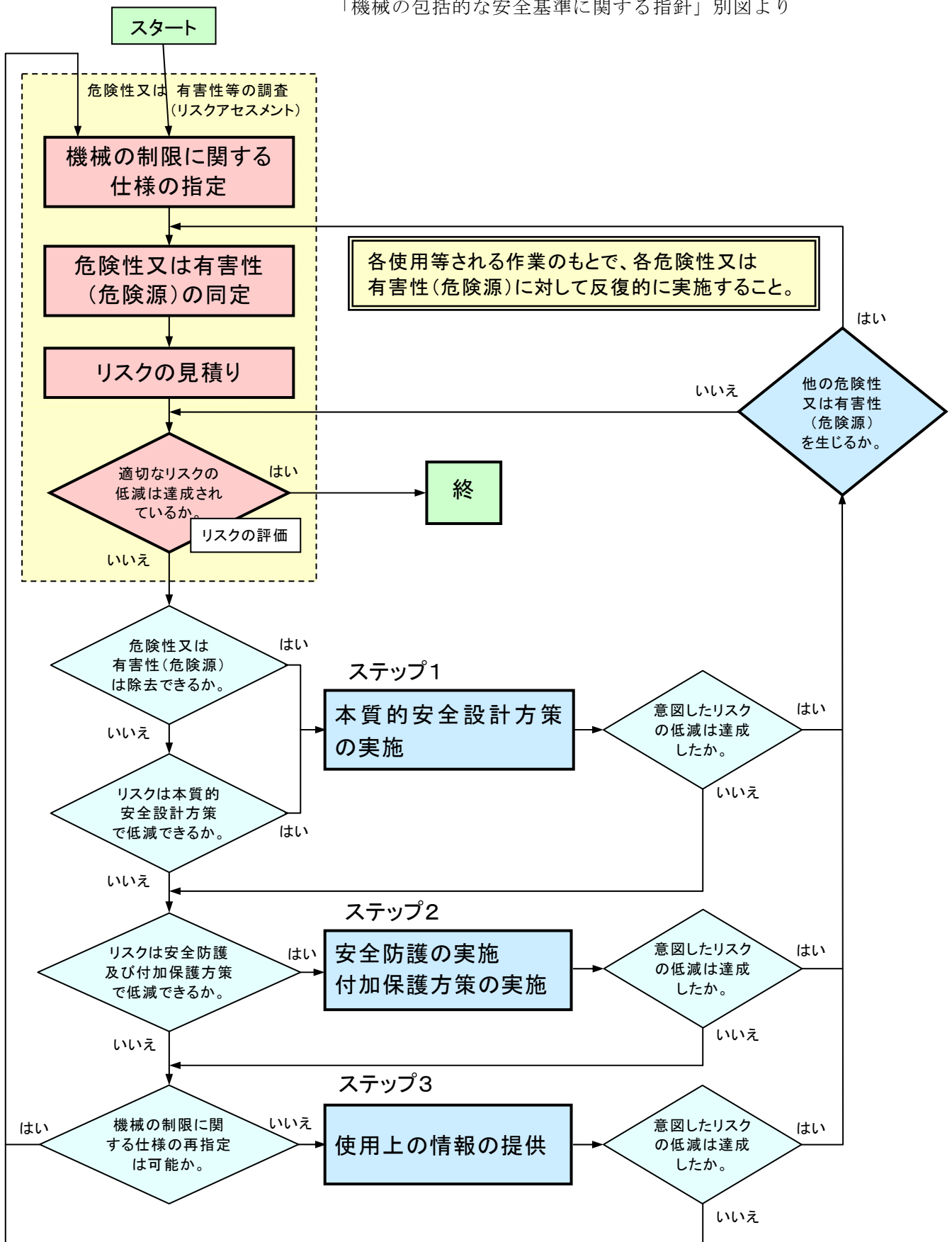



図１　機械の製造等を行う者によるリスクアセスメント及びリスクの低減の手順

第１章　機械設備のリスクアセスメント

　機械設備のリスクアセスメントは、日本では厚生労働省がリスクアセスメントの手順とポイントを示した「機械包括安全指針」に基づき、実施することとされている。同指針は、機械安全の国際規格のガイドラインである ISO/IEC ガイド 51:1999 と基本規格を構成する ISO12100-1:2003、ISO14121:1999 及び JIS B9702:2000 の内容と整合性が図られている。

　機械設備のリスクアセスメントは、日本を含む国際社会の中で、機械の設計者が準拠すべき安全設計について最初に踏むべき重要な手順とされ、また、設計者の果たすアカウンタビリティという説明責任の遂行に際して重要と位置づけられる概念である。

1-1 機械設備による労働災害の現状とリスクアセスメント

　労働安全衛生法の第１章第３条第２項では、機械の製造者の責任について
――「機械、器具そのほかの設備を設計し、製造し、若しくは輸入する者、原材料を製造し、若しくは輸入する者又は建設物を建設し、若しくは設計する者は、これらの物の設計、製造、輸入又は建設に際して、これらのものが使用されることによる労働災害の発生の防止に資するように努めなければならない」と定めている。

　しかしながら、日本の機械設備による労働災害は、平成 20 年度において全災害で発生した休業 4 日以上の休業災害 129,026 件のうち 25.7%、製造業での同休業災害 34,464 件のうち 41.0%を占めている。首都圏で発生した機械設備による 129 件の死亡災害について詳細な分析を行った調査結果をみると、全体の 79.1%に相当する 109 件が安全防護の不備、不具合に起因しているのが現状である。【産業安全研究所特別研究報告 NIIS-SRR-NO.33】

　これらの機械設備に関わる災害は、機械設備製造者の設計の段階で、適切なリスクアセスメントと、それに基づく適切なリスク低減方策の適用がなされていれば、確実に予防できたものである。機械設備製造者におけるリスクアセスメントの浸透状況は、平成 18 年の機械設備製造者 2000 社を対象としたアンケート調査ではリスクアセスメントの実施率が 18%であったものが、平成 21 年の同様な調査では７４％と大きく伸びている。しかしヒヤリングによる実態調査では、安全を無視したコスト・納期優先の形だけのリスクアセスメントの実態も現れており、労働安全衛生法第 3 条の趣旨からも機械設備製造者のリスクアセスメントへの取組みをさらに促進する必要がある。

1-2 機械設備使用者（事業者）との連携

　労働安全衛生法は、機械設備使用者である事業者に対して、その使用場面におけるさまざまな安全管理の手段について規定しているが、機械設備製造者のもとで解決されなかった機械のリスクを「後付けの管理的な手段でコントロールを図ろうとしても限界があること」を、事故統計は示している。先に挙げた機械安全の国際規格では、機械のリスクは機械設計の源流で解決又は最小化することを求めている。なぜならば、それがリスクの低減に際して最も有効で、機械のライフサイクルコストの観点からも最も経済合理性があると認められるからである。

このような機械設備製造者の取り組みは、機械設備使用者の安全に関する責任を免除するものではなく、機械のリスクを低減するために、機械設備製造者が分担して果たすべき責務を認識し実行に移し始めたことを意味しているに過ぎない。「機械包括安全指針」では、機械設備製造者と機械設備使用者の両者に対してそれぞれの立場で行うリスクアセスメントを示しているが、発注段階での安全仕様に関する提示と併せて、機械使用開始後の事故/災害情報や新たに判明したリスク情報、機械設備使用者のもとで追加した安全防護方策に関する情報を機械設備製造者へフィードバックするなど、両者間での新たな連携のあり方を提起している。

1-3 リスクアセスメントの目的と意義

リスクアセスメントを実施する目的は、機械設備のリスクを受忍可能なレベルに低減した安全性の高い機械設備を世の中に提供することを求める社会的要求を背景に、機械設備に潜在する危険源を同定し、論理的な手順を踏みながら客観的にリスクを評価することにある。またリスクアセスメントは、その結果を活用し ALARP(As Low As Reasonably Practicable)の原則に則ったリスク低減プロセスの出発点に位置づけられている（図２：「ISO12100-１:2003 に示されるリスクアセスメントの位置づけ」参照）。

一方、リスクアセスメントを出発点として論理的リスク低減プロセスを踏むことにより、残留リスクが明確になり、取扱説明書等で残された危険を機械設備製造者から機械設備使用者に伝えること（図２の「設計者入力」、指針では「使用上の情報の提供」）により、機械設備使用者側が実施するリスクアセスメントのベースとなり、機械設備使用者側におけるリスク低減に貢献できる。

リスクアセスメントは、危険源を同定してリスクの大きさを評価するための手法であり、種々の手法が提案されているが、どれが最適かは設計者が設計する機械設備によって設計者が選択又は工夫する必要がある。一度、手法が確立されると標準化が可能になり、技術の進歩、社会的要求の変化（社会的安全水準の変化、法令、規格の改正など）に対応が容易になり、安全性の更なる向上を図ることが可能になり、製品の競争力につなげることができる。

また、このような手法を活用することにより、リスク低減のプロセスと残留リスクが明確になり、記録として残すことができる。このようなリスク低減プロセスは、欧州機械指令ではテクニカルドキュメントとして保管が義務付けられている。品質マネジメントにおいても、記録を残さないと実施証明にはならない。したがって、リスクアセスメントは、設計者のリスク低減に関する思考過程を明確にして組織内だけでなくステークホルダーに対する説明責任を果たす上で欠くことができないものである。

リスクアセスメントにおいてはその実施時期が重要であり、設計完了後又は試作完了後では、往々にして本質的安全設計が適用しにくく、防護方策に依存せざるを得なくなり、事後処理的な対応では安全はコストがかかるという考えを生むことになる。構想設計、機能設計、詳細設計と各設計のステージでリスクアセスメントを実施することにより、適切な対策が可能になり、ひいてはコストミニマムでリスク低減が可能になる。

ISO12100-1に示されるリスクアセスメントの位置づけ

・・・・・ 機械の設計/ 製造者と使用者の関係（産業機械）

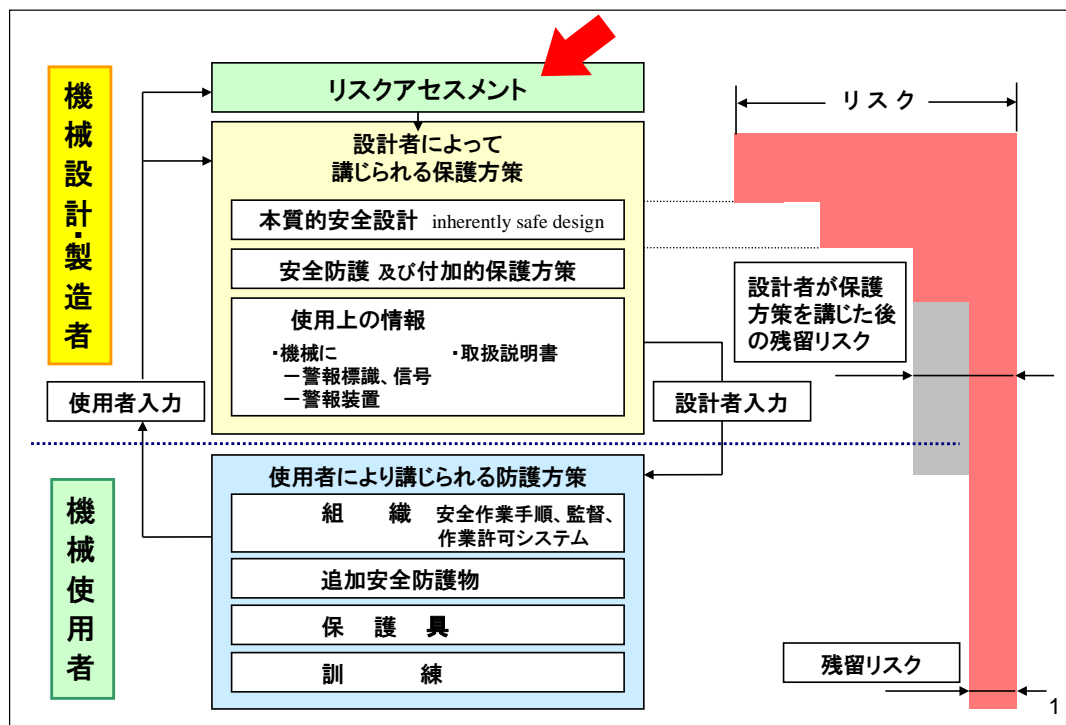



図２：「ISO12100-１:2003 に示されるリスクアセスメントの位置づけ」

1-4 リスクアセスメントの効果

リスクアセスメントに基づくリスク低減プロセスを実施することにより、機械設備使用者におけるメリットだけでなく機械設備製造者においても種々の恩恵が期待できる。以下にその主なものを列挙する。

1-4-1 機械安全への直接的効果

・危険源の顕在化により、漏れなく保護方策が適用できる。

・リスク対策の優先順位が決まり、選択的対応が可能になる。

・リスクの大きさに対応した合理的な対策が実施できる。

・リスクの対象が明確になり、機械設備使用者に則した対策が実施できる。

・機械安全の思考過程が明確になり、第三者の理解が容易になる。

・国際的な機械安全の方向と整合性が取れる。

1-4-2 企業経営への間接的効果

・安全性の高い機械設備を提供することにより企業イメージの向上が図れる。

・安全性差別化による競争力の向上が図れる。

安全に力を入れている大手企業へ、販路が広がったとの実例が報告されている。

・リスクベースの経営的判断が可能になる。

・製造物責任予防として経営リスクの低減が図れる。

・製造物責任防衛としてのドキュメンテーションが確立できる。

1-5 機械設備製造者の「製造物責任予防」

「製造物責任」への対処は、製品事故発生の防止対策である「製造物責任予防」(Product Liability Prevention) と製品事故発生後の損害賠償によって生ずる損失を最小限にとどめる「製造物責任防御」(Product Liability Defense) の 2 つの側面に分けられる。

前者の「製造物責任予防」の概念は、欧州の EC 市場統合の前提として提起され、欧州連合 (EC) の発足とともに加盟各国に浸透してきたものである。欧州においてその具体的な姿は、機械製品の安全性についての認証を示す「CE マーキング」によって、機械設備製造者が事前に安全の責任を果たす方法として確立されてきた。ISO/IEC 国際規格は、この「製造物責任予防」を前提とする欧州の機械安全規格体系を継承しており、さらに、わが国も WTO-TBT 協定の批准 (1995 年) によってこの考え方を受け入れている。

「製造物責任予防」は、製品事故及びその結果としての機械設備製造者の損失を未然に防止する観点からも、事後対策である「製造物責任防御」より重要性が高まりつつある。“事後の補償責任から事前責任としての安全へ”と向かいつつある国際的な潮流から、日本の機械設備製造者が立ち遅れることは、将来、機械設備製品の国際市場における競争の場からの退場を余儀なくされる事態を招きかねないことを意味する。

「リスクアセスメント」に基づいて、機械設備製造者が機械の設計・製造を行うことにより、自社製品の安全性を確保することの重要性は先に述べたとおりであるが、これによって機械設備製造者は初めて「製造物責任予防」の説明責任を果たすことができるとともに、後述する機械設備製造者自身の企業経営上のリスクを最小化できることを十分に認識しておく必要がある。

第２章　リスクアセスメントを実施する前の準備

2-1　リスクアセスメントとは

リスクアセスメントとは、機械設備に内在するリスクの評価を系統的に実施できる論理的手段のことをいう。リスクアセスメントを実施することによりリスクの全容（その存在とリスクレベルの大小）が明らかになるため、リスク低減策の必要性の有無とその優先順位を判断できる。これに基づいて必要かつ適切なリスク低減策をとることが可能となり、さらにこのリスクアセスメントを繰り返し実施することにより、一層堅固な安全化が推進され、より安全性の高い機械設備をユーザーに提供することが可能になる。

＊リスク（Risk）

危害の発生確率と危害のひどさの組み合わせをいう。

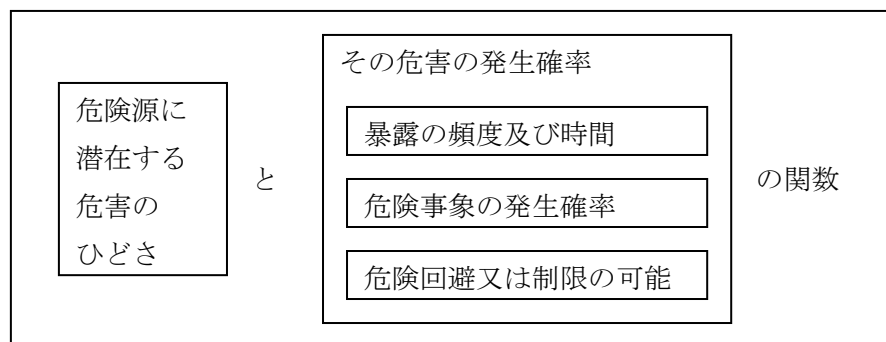



図３：JIS B 9702:2000 の図２より

＊リスクの評価

リスクの評価とは、リスクを見積った結果のリスクレベルが適切に低減されている（された）レベルであるか否か、また適切に低減されていない場合、それはどの程度の重大さがあるのかを判断することをいう。

2-2　リスクアセスメントの基本の習得と体制作り

最初に経営層の方とリスクアセスメントを実施する技術者が、リスクアセスメントの基本的な知識を習得し、社内の体制作りを行うことから始まる。経営層の方は、自身の学習を進めている間に、リスクアセスメントを実施する技術者へ学習を指示するとともに、リスクアセスメントの体制作りも同時に行う必要がある。

2-2-1　経営層のための習得方法

（社長、安全担当役員、設計部門の管理責任者など）

まずはリスクアセスメントの考え方と実施方法の基本を把握するために「機械包括安全指針」を読んで、特に「第１　趣旨等、第２　機械の製造等を行う者の実施事項」を理解する。指針では詳細な事項が別表に記述されているので、忘れずに別表もよく読むとよい。指針を理解するためには、指針の解説書などの参考書を利用するのもよい。

参考：指針とその解説は安全衛生情報センターのホームページにて閲覧可能である。

指針　http://www.jaish.gr.jp/HOREI/HOR1-48/hor1-48-36-1-4.html

同上の解説　http://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-48/hor1-48-37-1-0.htm

2-2-2　リスクアセスメントの体制作り

経営層の方は、社内にリスクアセスメントを実施する体制を作る。

①会社として製品の安全にどのように取り組むかの方針を明確にし、その内容を「安全な製品を市場に提供する」約束として社内外へ表明する。

社内：全社員へ通達、社内掲示

社外：会社案内への追加、ホームページ内へ掲示など

②安全確保の基準を明確にして適用を義務付ける社内ルールを作る。

たとえば「当社の製品は国際安全規格を基本に常に最新の安全技術を採用する」と社内規程に明記する。

③リスクアセスメントの実施時期、各担当者の任務と権限を明確にした社内ルールを作り、担当者を任命する。

リスクアセスメントの実施時期と文書管理は、マネジメントシステムに組み込むとよい。（以下、ＲＡはリスクアセスメントを示す）

RA 責任者　：設計部門の管理責任者で、RA の実施を RA リーダーへ指示。

RA リーダー：設計実務担当の責任者で、RA を計画し、RA メンバーを招集して RA を実行し、結果をまとめる。

RA メンバー：RA リーダー以外の設計者、製造部門、営業部門などの担当者で、各部門の代表として RA に参加する。

安全の専門家：社内の設計技術者の中でも機械安全、電気安全と RA に関する情報収集を担当する方で、

設計技術者の安全技術向上の推進

RA 実施時に RA リーダーをサポート

等の業務を行う。

安全に関する情報は、日々最新のものを収集する必要があり、専門家としての業務命令がないと活動が難しくなるので、少なくとも社内で１名は選任すること。

社外の安全の専門家が利用できれば､その方に RA 専門家として活動してもらうのも一つの手である。

④人材（RA 実施者）育成の予算（時間と経費）を確保する。

⑤RA 実施機会（時間と経費）を確保する。

RA リーダーと RA メンバーは、製品によって担当者を変えてもかまわない。

社員全員が製品の RA を実施できるようになると､製造現場の RA 実施にも有効となる。

安全衛生委員会活動をしている事業所であれば、委員会活動の 1 つとして製品の RA 実施結果を確認する仕組みを作っておくとよい。

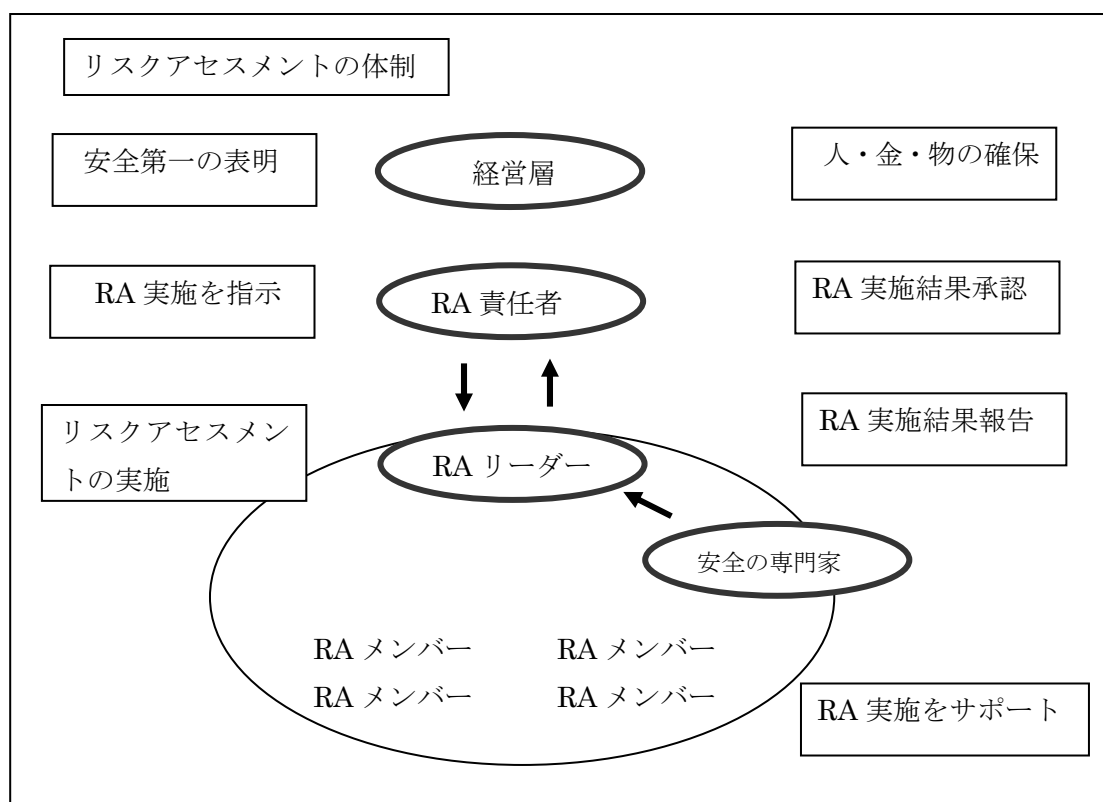



図４：リスクアセスメントの体制

2-2-3　リスクアセスメントを実施する技術者のための習得方法

「RA リーダー」となる設計実務担当の責任者クラスの方が、できれば２人以上で勉強す

ること。そこには機械設計と電気設計の双方が参加するのが理想となる。特にその内の一名は、将来安全の専門家として社内のリスクアセスメント実施のサポート及び社内教育の実施を任せられる人物を当てることとよい。

① リスクアセスメントの考え方と実施方法の基本を習得する。
「機械包括安全指針」を読んで、特に「第１　趣旨等、第２　機械の製造等を行う者の実施事項」を理解する。指針では詳細な事項が別表に記述されているので、忘れずに別表の理解もすること。指針を理解するためには、指針の解説書などの参考書を利用するのもよい。

② さらに、リスクアセスメント手法とリスク低減方策の基本技術を習得する。
特に機械安全の国際規格（ISO/IEC 規格）の理解が重要になる。その多くは日本工業規格（JIS 規格）に取り入れられているので、JIS 規格の勉強から始めるのもよい。ただし国際規格が日本工業規格になっていないもの、国際規格の最新版がまだ日本工業規格に適用されていない場合などがあるので、外国に輸出する場合には注意が必要となる。規格は常に最新版を確認すること。
機械安全の規格に関する情報が安全機器のメーカーから多数提供されているので、これらの資料で規格の概要を掴んでから、自社製品に関連する規格の勉強に取り組むとよい。
各規格の最新情報は、　（財）日本規格協会のホームページ<http://www.jsa.or.jp/>
で確認・購入できる。
また日本工業規格は、　日本工業標準調査会のホームページ<http://www.jisc.go.jp/>
で閲覧（ダウンロード、印刷は不可）できる。
リスクアセスメント手法とリスク低減方策に関しては、本書でも説明しているが、リスクアセスメントの講習会で勉強するのが早道となる。
参考として、中央労働災害防止協会主催の「機械設備の安全化のための研修」の３コースを紹介する。

「これからの機械安全研修会（導入のための１日コース）」
「機械設備のﾘｽｸｱｾｽﾒﾝﾄ実務研修会（実務習得の２日間コース）」
「機械設備のリスク低減技術研修会（リスク低減に絞った２日間コース）」

（参考）機械安全の基本

Ａ：機械安全の原則

人と関わる部分のエネルギーを、人に影響を与えない程度に小さくする。

位置エネルギー
速度エネルギー
熱エネルギー

光エネルギー

人と関わる部分の隙間を、無くすか挟まれない程度に広くする。

人体寸法

人と関わる部分に有害な物を用いない。

化学物質

表面の性状

人間工学の遵守

など

B：機械とは

国際安全規格でいう機械とは、単に機構的なものを指す物ではなく、制御や動力回路の電気的構成部分を含むことに注意すること。

したがって機械安全には、電気、制御、ソフトウェアなどの安全に関する勉強も必要になる。

機械、電気、制御などの安全をすべて一人で勉強してもよいが、機械設計と電気・制御設計の担当者が別れている場合には、それぞれ一人以上の方が専門家として勉強して相互に補完しあい、その後勉強の範囲をすべてに広げると効率が良い。

参考：ソフトウェアのリスクアセスメント手法の一つとして、MIL-STD-882 がある。

参考：機械類（Machinery）、機械（Machine）の定義

ISO 12100-1:2003、JIS B 9700-1:2004 より

連結された部品又は構成品の組合せで、そのうち少なくとも一つは適切な機械アクチュエータ、制御及び動力回路を備えて動くものであって、特に材料の加工、処理、移動及びこん（梱）包といった特定の用途に合うように結合されたもの。

また「機械類」及び「機械」という用語は、全く同一の目的を達成するために完全な統一体として機能するように配列され、制御される複数の機械の集合体に対しても用いる。

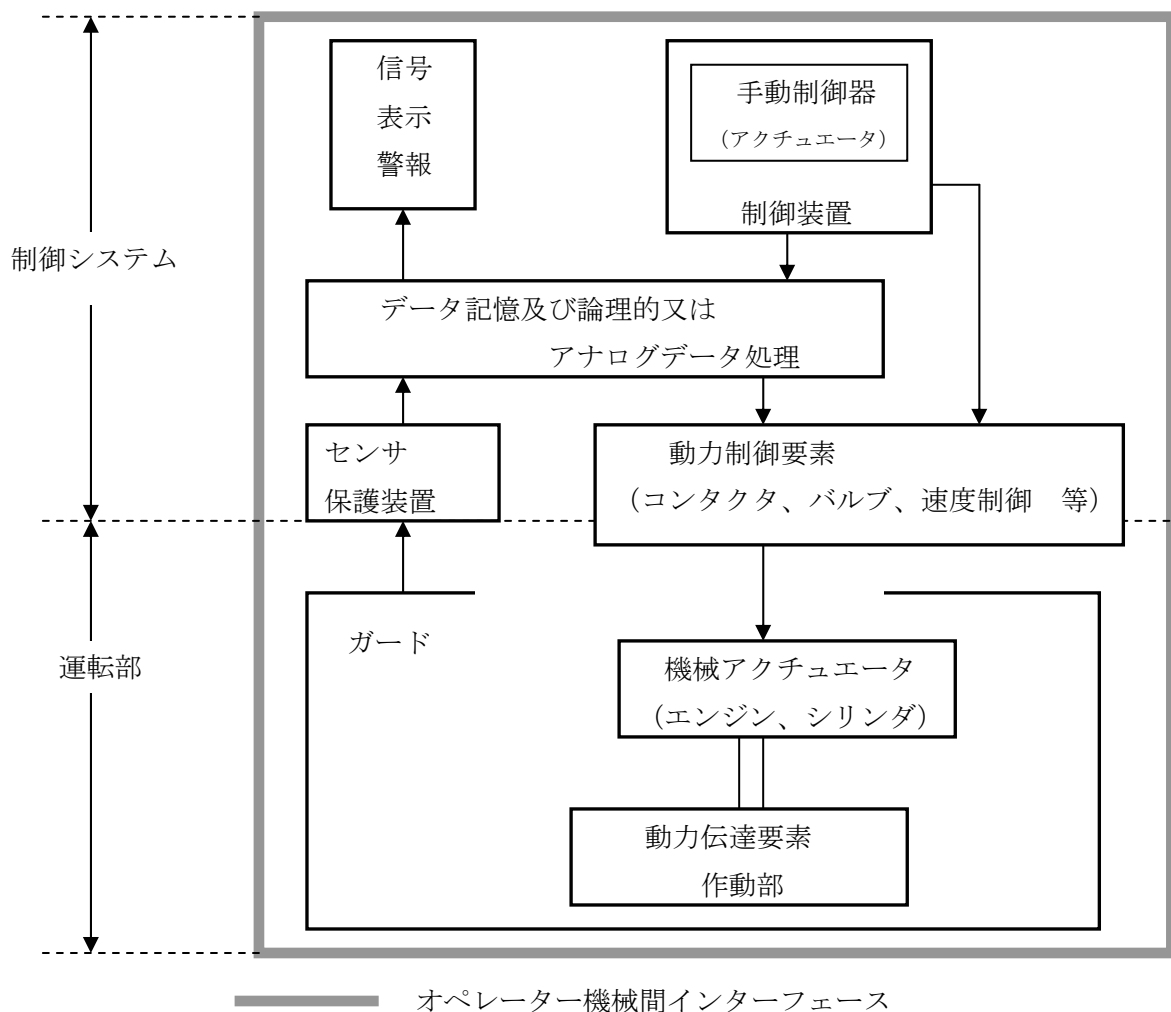



図５：機械の構成図　JIS B 9700-1:2004 付属書Ａより

Ｃ：国際安全規格

１．基本的な安全の考え方

ISO/IEC Guide51:1999(JIS Z 8051:2004)は、規格に安全側面に関する事項を盛り込む場合の指針を規定したもので、安全の概念を理解するのにまずはこの規格を習得する。

参考図書：ISO/IEC Guide51:1999(JIS Z 8051:2004)

２．規格の構成

国際安全規格には、電気安全規格を定めた「IEC 規格」と、電気安全規格以外の機械安全を定めた「ISO 規格」の２種類ある。

ISO 規格: International Organization for Standardization

IEC 規格: International Electrotechnical Commission

またこれらの規格は次の３種に大別される。

タイプ A 規格（基本安全規格）

すべての機械類に適用できる基本概念、設計原則及び一般的側面を規定する規格

タイプ B 規格（グループ安全規格）

広範な機械類に適用できる安全面又は安全防護物を規定する規格

タイプ C 規格（個別機械安全規格）

個々の機械又は機械群の詳細な安全要求事項を規定する規格

参考：タイプ A、B、C 規格の主要安全規格を表 1 に示す。

製造する機械に該当する「タイプ C 規格」が存在する場合は、「タイプ C 規格」の規定に従って製品を作る。

「タイプ C 規格」が無いか、「タイプ C 規格」内に規定が無い場合は、「タイプ B 規格」「タイプ A 規格」に従う。

しかし規格の規定は規格ができたときには既に過去の技術になるので、最新の安全及びリスク低減技術に関する情報収集を心がける必要がある。

機械安全関連のＪＩＳ規格と ISO/IEC 規格の対応付け一覧表を表 2 に示す。

３．設計の基本概念、一般原則

次の規格で基本的な規定がなされている。

ISO 12100-1:2003 = JIS B 9700-1:2004

機械類の設計において安全性を達成するときに適用される基本用語及び方法論を規定。

－　リスクアセスメントと保護方策

ISO 12100-2:2003 = JIS B 9700-2:2004

機械類の設計において安全性を達成するときに役立つ技術原則を規定。

－　保護方策の詳細

①	適用範囲	ISO 12100-1:2003	1 章
②	引用規格	ISO 12100-1:2003	2 章
③	用語及び定義	ISO 12100-1:2003	3 章
④	機械類の設計時に考慮すべき危険源	ISO 12100-1:2003	4 章
⑤	リスク低減のための方法論	ISO 12100-1:2003	5 章
⑥	本質的安全設計方策	ISO 12100-2:2003	4 章
⑦	安全防護及び付加保護方策	ISO 12100-2:2003	5 章
⑧	使用上の情報	ISO 12100-2:2003	6 章

参考図書：平成 17 年度　食品機械の電気安全設計対応に関する調査研究報告書

－国際安全規格利用手引き　機械安全編－

（社）日本機械工業連合会ホームページよりダウンロード可能

：対訳　ISO 12100-1/12100-2　機械安全の国際規格　2003 年版

（社）日本機械工業連合会・ISO/TC199 国内委員会　監修

発行：日本規格協会

４．電気設備の安全

次の規格で機械の電気装置に関して、

人及び財産の安全

制御応答の一貫性

保全の容易性

を達成するための要求事項及び推奨事項を規定している。

IEC 60204-1:2005 ≒ JIS B 9960-1:2008 国際規格を修正

この規定が電気装置の基本規格となる。

参考図書：平成 18 年度　食品機械の電気安全設計対応に関する調査研究報告書

－国際安全規格利用手引き　電気・制御安全編－

（社）日本機械工業連合会ホームページよりダウンロード可能

参考図書：安全の国際規格　第 3 巻　制御システムの安全　発行：日本規格協会

参考図書：国際安全規格対応　電気安全構築技術　発行：安全技術応用研究会

５．リスクアセスメント

次の規格で基本的な規定がなされている。

ISO14121-1:1999= JIS B 9702:2000

リスクアセスメントの原則

参考図書：本書

なお ISO14121-1 は 2007 年改定済である。

次の資料ではリスクアセスメントの実例が報告されており参考になる。

ISO/TR 14121-2 は 2007 年版が最新である。

技術報告書　リスクアセスメント　実施の手引及び方法の例

６．その他

以上のほかに関連するタイプ B 規格とタイプ C 規格を習得する。

表１　国際規格タイプ A、B、C の主要安全規格

（本表では規格の発行年を省略した。規格は最新版を参照すること。）

TYPE-A　基本安全規格　ISO

ISO 12100-1	機械類の安全性―基本概念、設計のための一般原則 ―第1部:基本用語、方法論
ISO 12100-2	機械類の安全性―基本概念、設計のための一般原則 ―第2部:技術原則
ISO 14121-1	リスクアセスメント―第1部:原則
ISO 14121-2	リスクアセスメント―第2部:実践ガイド及び方法の例

TYPE-B　グループ安全規格　ISO

ISO 11161	統合生産システム（基本要求事項）
ISO 13849-1	機械類の安全性―制御システムの安全関連部 ―第1部:設計のための一般原則
ISO 13849-100	機械類の安全性―制御システムの安全関連部 ―第100部:一般原則ガイドライン
ISO 13849-2	機械類の安全性―制御システムの安全関連部 ―第2部:検証
ISO 13850	機械類の安全性―非常停止―設計原則
ISO 13851	機械類の安全性―両手操作制御装置―機能的側面及び設計原則
ISO 13852	機械類の安全性―危険区域に上肢が到達することを防止するための安全距離
ISO 13853	機械類の安全性―危険区域に下肢が到達することを防止するための安全距離
ISO 13854	機械類の安全性―人体部位が押しつぶされることを回避するための最小すきま
ISO 13855	機械類の安全性―人体部位の接近速度に基づく保護設備の位置決め
ISO 13856-1	圧力検知保護装置（マット）
ISO 13856-2	圧力検知保護装置（エッジ）
ISO 13856-3	圧力検知保護装置（バンパー）
ISO 14118	機械類の安全性―予期しない起動の防止
ISO 14119	機械類の安全性―ガードと共同するインタロック装置―設計及び選択のための原則
ISO 14120	機械類の安全性―ガード―固定式及び可動式ガードの 設計及び製作のための一般要求事項
ISO 14122-1	機械類の安全性―機械類への常設接近手段 ―第1部:高低差のある2箇所間の昇降設備の選択

ISO 14122-2	機械類の安全性―機械類への常設接近手段 ―第2部：作業用プラットフォーム及び通路
ISO 14122-3	機械類の安全性―機械類への常設接近手段 ―第3部：階段、段ばしご及び防護さく
ISO 14122-4	機械類の安全性―機械類への常設接近手段―第4部：固定はしご
ISO 14123-1	機械類の安全性―機械類から放出される危険物質による健康へのリスクの低減―第1部：機械類製造者のための原則及び仕様
ISO 14123-2	機械類の安全性―機械類から放出される危険物質による健康へのリスクの低減―第2部：検証手順に関する方法論
ISO 14159	機械類設計のための衛生面要求事項
ISO 19353	火災防止及び保護
ISO/TR 18569	理解及び使用

TYPE-B　グループ安全規格　IEC

IEC 60204-1	機械類の安全性―機械の電気装置―第1部：一般要求事項
IEC 60204-11	機械類の安全性―機械の電気装置―第11部：交流1000V又は直流1500Vを超え36kV以下の高電圧装置に対する要求事項
IEC 60204-31	機械類の安全性―機械の電気装置―第31部：縫製機械、縫製ユニット及び縫製システムの安全性とEMCに対する要求事項
IEC 60204-32	機械類の安全性―機械の電気装置―第32部：巻上機械に対する要求事項
IEC 60204-33	機械類の安全性―機械の電気装置―第33部：半導体製造装置
IEC 61310-1	機械類の安全性―表示、マーキング及び作動 ―第1部：視覚、聴覚及び触覚シグナルの要求事項
IEC 61310-2	機械類の安全性―表示、マーキング及び作動 ―第2部：マーキングの要求事項
IEC 61310-3	機械類の安全性―表示、マーキング及び作動 ―第3部：アクチュエータの配置及び操作に対する要求事項
IEC 61496-1	機械類の安全性―電気的検知保護設備 ―第1部：一般要求事項及び試験
IEC 61496-2	機械類の安全性―電気的検知保護設備 ―第2部：能動的光電保護装置を使う設備に対する要求事項
IEC 61496-3	機械類の安全性―電気的検知保護設備 ―第3部：拡散反射形能動的光電保護装置に対する要求事項
IEC/TR 61496-4	機械類の安全性―電気的検知保護設備―第4部：視覚的保護装置

IEC/TS 62046	機械類の安全性—人を検知する保護設備
IEC 62061	機械類の安全性— 安全関連の電気・電子・プログラマブル電子制御システムの機能安全
IEC/TR 62513	機械の安全性－安全関連アプリケーションにおける通信システムの使用の指針

TYPE-C　個別機械安全規格　ISO

個別の製品例：工作機械、産業機械、繊維機械、農業機械、産業用ロボット
食品加工機械、印刷産業機械、木工機械、輸送機械、鍛圧機械　等

表２　機械安全関連のＪＩＳ規格一覧表　～ＩＳＯ／ＩＥＣとの対応付け～

JIS規格	対応ISO／ IEC規格	規　　格　　名　　称
B9700-1:2004	ISO12100-1	機械類の安全性—基本概念、設計のための一般原則 —第1部:基本用語、方法論
B9700-2:2004	ISO12100-2	機械類の安全性—基本概念、設計のための一般原則 —第2部:技術原則
B9702:2000	ISO14121 :2007※	機械類の安全性—リスクアセスメントの原則
B9960-1:2008	IEC60204-1	(修正)※機械類の安全性—機械の電気装置 —第1部:一般要求事項
B9703:2000	ISO13850 :2006※	機械類の安全性—非常停止—設計原則
B9704-1:2006	IEC61496-1 :2008※	機械類の安全性—電気的検知保護設備 —第1部:一般要求事項及び試験
B9704-2:2008	IEC61496-2	機械類の安全性—電気的検知保護設備 —第2部:能動的光電保護装置を使う設備に対する要求事項
B9704-3:2004	IEC61496-3 :2008※	機械類の安全性—電気的検知保護設備 —第3部:拡散反射形能動的光電保護装置に対する要求事項
B9705-1:2000	ISO13849-1 :2006※	機械類の安全性—制御システムの安全関連部 —第1部:設計のための一般原則
B9706-1:2001	IEC61310-1 :2007※	機械類の安全性—表示、マーキング及び作動 —第1部:視覚、聴覚及び触覚シグナルの要求事項
B9706-2:2001	IEC61310-2 :2007※	機械類の安全性—表示、マーキング及び作動 —第2部:マーキングの要求事項
B9706-3:2001	IEC61310-3 :2007※	機械類の安全性—表示、マーキング及び作動 —第3部:アクチュエータの配置及び操作に対する要求事項
B9707:2002	ISO13852	機械類の安全性—危険区域に上肢が到達することを防止するための安全距離
B9708:2002	ISO13853	機械類の安全性—危険区域に下肢が到達することを防止するための安全距離
B9709-1:2001	ISO14123-1	機械類の安全性—機械類から放出される危険物質による健康へのリスクの低減 —第1部:機械類製造者のための原則及び仕様
B9709-2:2001	ISO14123-2	機械類の安全性—機械類から放出される危険物質による健康へのリスクの低減 —第2部:検証手順に関する方法論
B9710:2006	ISO14119	機械類の安全性—ガードと共同するインタロック装置—設計及び選択のための原則
B9711:2002	ISO13854	機械類の安全性—人体部位が押しつぶされることを回避するための最小すきま

JIS規格	対応ISO／ IEC規格	規　格　名　称
B9712:2006	ISO13851	機械類の安全性―両手操作制御装置―機能的側面及び設計原則
B9713-1:2004	ISO14122-1	機械類の安全性―機械類への常設接近手段 ―第1部:高低差のある2箇所間の昇降設備の選択
B9713-2:2004	ISO14122-2	機械類の安全性―機械類への常設接近手段 ―第2部:作業用プラットフォーム及び通路
B9713-3:2004	ISO14122-3	機械類の安全性―機械類への常設接近手段 ―第3部:階段、段ばしご及び防護さく
B9713-4:2004	ISO14122-4 :2004※	機械類の安全性―機械類への常設接近手段―第4部:固定はしご
B9714:2006	ISO14118	機械類の安全性―予期しない起動の防止
B9715:2006	ISO13855	機械類の安全性―人体部位の接近速度に基づく保護設備の位置決め
B9716:2006	ISO14120	機械類の安全性―ガード―固定式及び可動式ガードの 設計及び製作のための一般要求事項
B9960-11 :2004	IEC60204-11	機械類の安全性―機械の電気装置―第11部:交流1000V又は直流1500Vを超え36kV以下の高電圧装置に対する要求事項
B9960-31 :2004	IEC60204-31	機械類の安全性―機械の電気装置―第31部:縫製機械、縫製ユニット及び縫製システムの安全性とEMCに対する要求事項
B9960-32 :2004	IEC60204-32	機械類の安全性―機械の電気装置―第32部:巻上機械に対する要求事項
B6011:2004	ISO447	工作機械―操作方向
C0508-1:1999	IEC/FDIS61508-1	電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全 ―第1部:一般要求事項
C0508-2:2000	IEC/FDIS61508-2 :2000※	電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全 ―第2部:電気・電子・プログラマブル電子安全関連系に対する要求事項
C0508-3:2000	IEC/FDIS61508-3	電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全 ―第3部:ソフトウェア要求事項
C0508-4:1999	IEC/FDIS61508-4	電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全 ―第4部:用語の定義及び略語
C0508-5:1999	IEC/FDIS61508-5	電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全 ―第5部:安全度水準決定方法の事例
C0508-6:2000	IEC/FDIS61508-6 :2000※	電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全 ―第6部:第2部及び第3部の適用指針

JIS規格	対応ISO／ IEC規格	規　格　名　称
C0508-7:2000	IEC/FDIS61508-7 :2000※	電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全 —第7部：技術及び手法の概観
Z8131:2000	ISO5085	機械振動及び衝撃—人体暴露—用語
Z8502:1994	ISO10075	精神的作業負荷に関する原則—用語及び定義
Z8503:1998	ISO10075-2	精神的作業負荷に関する原則—設計原則
Z8504:1999	ISO7243	人間工学—WBGT（湿球黒球温度）指数に基づく作業者の熱ストレスの評価—暑熱環境

※（西暦年を括弧書きしたISO／IEC規格）：JISが、当該最新版（表示の西暦年）の国際規格には未対応である。

※（修正）：B9960-1 など、国際規格原文の一部を日本国内の事情に合わせて修正してJIS化した規格である。

2-2-4　人材育成

経営層の方は、人材育成を次の手順で進める必要がある。

１．安全の専門家の育成

少なくとも社内に１人以上の安全の専門家が在籍するようにして、安全の専門家として経験を積ませる。

(ア) 社内のリスクアセスメントには、できるだけ参加させる。

(イ) 安全技術情報の収集と社内への周知をさせる。

① 安全に関する法律、規格、同業者の動向などの情報を、新聞、工業会、安全機器メーカーなどから入手し、自社に関係する情報をまとめて、社内に伝達する。

② 規格は完成までに月日を要するため、発行された時には既に古い技術となってしまうこともあるので、常に新しい情報を得るように努める。

(ウ) 社外の研修会を利用して、安全技術の習得に努めさせる。

① 親会社、同業者、安全機器メーカーなどの社外専門家の指導を得るのもよい。

② 安全機器メーカーなどの社外の研修会の受講も有効。
例として、安全技術応用研究会主催の「安全構築・技術能力向上講座」を紹介する。全１２講座で、すべて１日コース。

1　安全基礎工学
2　基本安全規格(ISO12100)に基づく安全構築技術
3　ガードとインタロック構築技術
4　機械リスク低減方策技術
5　基礎電気/制御安全技術
6　電気安全技術
7　制御安全技術
8　安全監査（RC 及び OHSMS）の実施事例
9　災害事例の安全査定
１０　安全コンポーネントの構成原理とその適用
１１　リスクアセスメント実践技術（１）
　　リスク評価技術
１２　リスクアセスメント実践技術（２）
　　安全方策の妥当性確認技術

２．設計実務担当の責任者の育成

設計実務担当の責任者は全員が RA リーダーになれるように教育する。

(ア) 社内のリスクアセスメントに参加させ OJT により習得させる。

(イ) 安全の専門家による定期的な社内研修も必要となる。

(ウ) 余裕があれば社外研修の受講も大きな意識付けとなるので、積極的に勧奨する。

３．一般設計技術者の育成

設計担当者は全員が RA メンバーになれるように教育する。

(ア)社内のリスクアセスメントに参加して OJT により教育する。

(イ)安全の専門家による定期的な社内研修も必要となる。

(ウ)余裕があれば社外研修の受講も大きな意識付けになる。

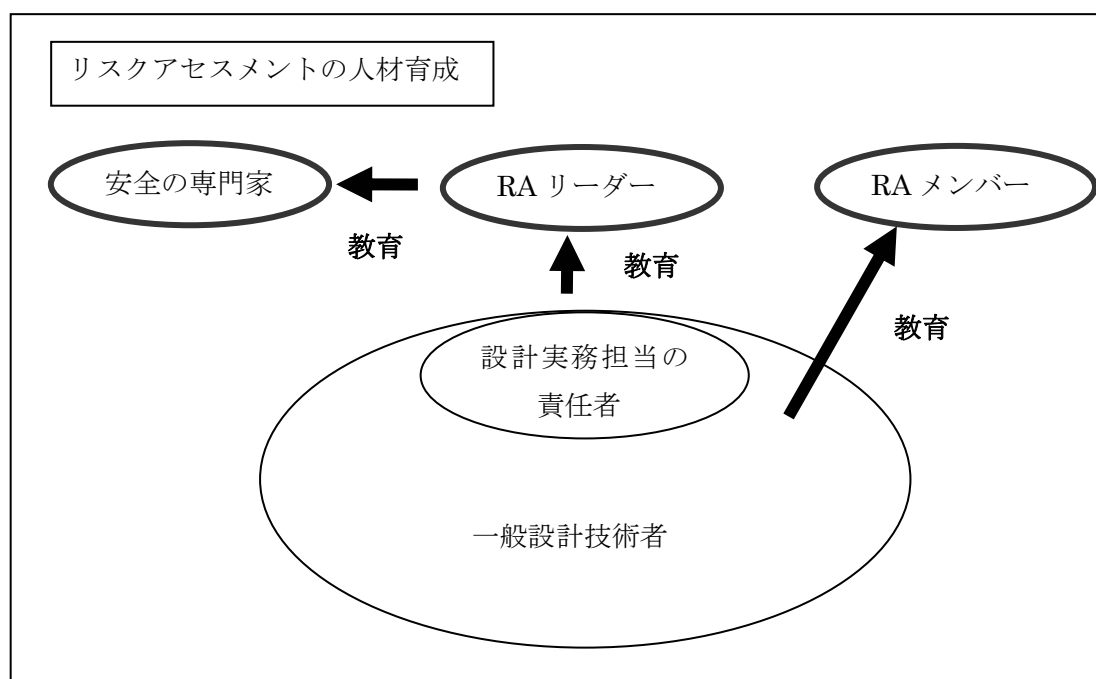



図６：リスクアセスメントの人材育成

2-2-5　リスクアセスメントの実施者

設計・製造段階のリスクアセスメントでは、ＲＡリーダー、対象となる機械設備のエンジニアグループ（機械設備設計者、制御設計者など）、安全の専門家（安全管理部門）とのチームによって実施されることが望まれる。加えて、その機械設備を製造する製造部、その機械設備を顧客がどのように使うのかをよく理解している営業技術部門、さらに購買部門、品質保証部門等も、特に１，２回目の時期にはメンバーとしてチームに加わるべきである。

なお、リスクアセスメントが正しく実施されたかどうかを、外部の専門家であるリスクアセッサーなどに依頼して客観的に判断してもらうと、より信頼度が高まる。

2-2-6　リスクアセスメントを実施する時期

リスクアセスメントを実施する時期には次の段階がある。

受注段階

①受注契約時（制限事項の明確化）

設計段階

②構想設計時（本質的安全設計のためのレビュー）

③詳細設計時（安全防護方策の選定・適用のためのアセスメント）

④量産設計時（変更した設計要素に関わるアセスメント）

実機による妥当性確認段階

⑤試作機段階　（試作実機でのアセスメント）

⑥量産機段階　（量産実機でのアセスメント）

改造・設計変更段階

⑦事故・災害情報や新技術を得た段階（設計変更の場合のアセスメント）

これらはすべて実施しなければならないものではなく、評価対象の機械設備により選択して実施することになる。会社として実施時期を定めておくとよい。

新規に設計製造する機械設備の場合は、通常３回に分けて行う。

まず１回目は、初期のデザインレビューの段階、すなわち構想設計から全体組立図の設計レベル、部品図へブレークダウンし始めるあたりまでの間に実施する。この段階は図面だけで判断するので危険源の洗い出しに漏れが出る可能性があるが、現物を作る前なので本質的に安全を作り込める時期であり、万一手戻りが発生してもコスト・時間的には損失を小さくすることができる一番重要な実施時期である。汎用製品以外の受注生産品の場合は、受注時に機械設備使用者との間で、設備の使用目的、用途、設置場所、機械の運転員、安全範囲などの制限事項を明確にする必要がある。受注生産品では受注時に、機械設備使用者との間でリスクアセスメントの第一歩である「機械の制限に関する仕様の指定」を合意しておく必要がある。（制限事項の明確化）

２回目は実機（試作機）での評価という位置付けで行う。現物の機械設備を動かしながらリスクアセスメントを行うので、図面では気付かなかったリスクも発見できる。

３回目は製品としての機械設備の組立から出荷調整の段階で行う。ここでは、考え得るリスクがこれ以上無いかどうか、また、これまでに施した保護方策がリスクに対して適切だったのか、すなわち妥当性確認という意味合いでのリスクアセスメントとなる。

また、これとは別に既に量産している機械設備であれば、その機械設備によ

る災害発生の事実が明らかになったときや、技術の進歩により安全衛生面で向上・開発された新たな技術（リスク低減の諸方策）を当該機械設備に適用できる状況に至ったときも改めてリスクアセスメントを実施する。

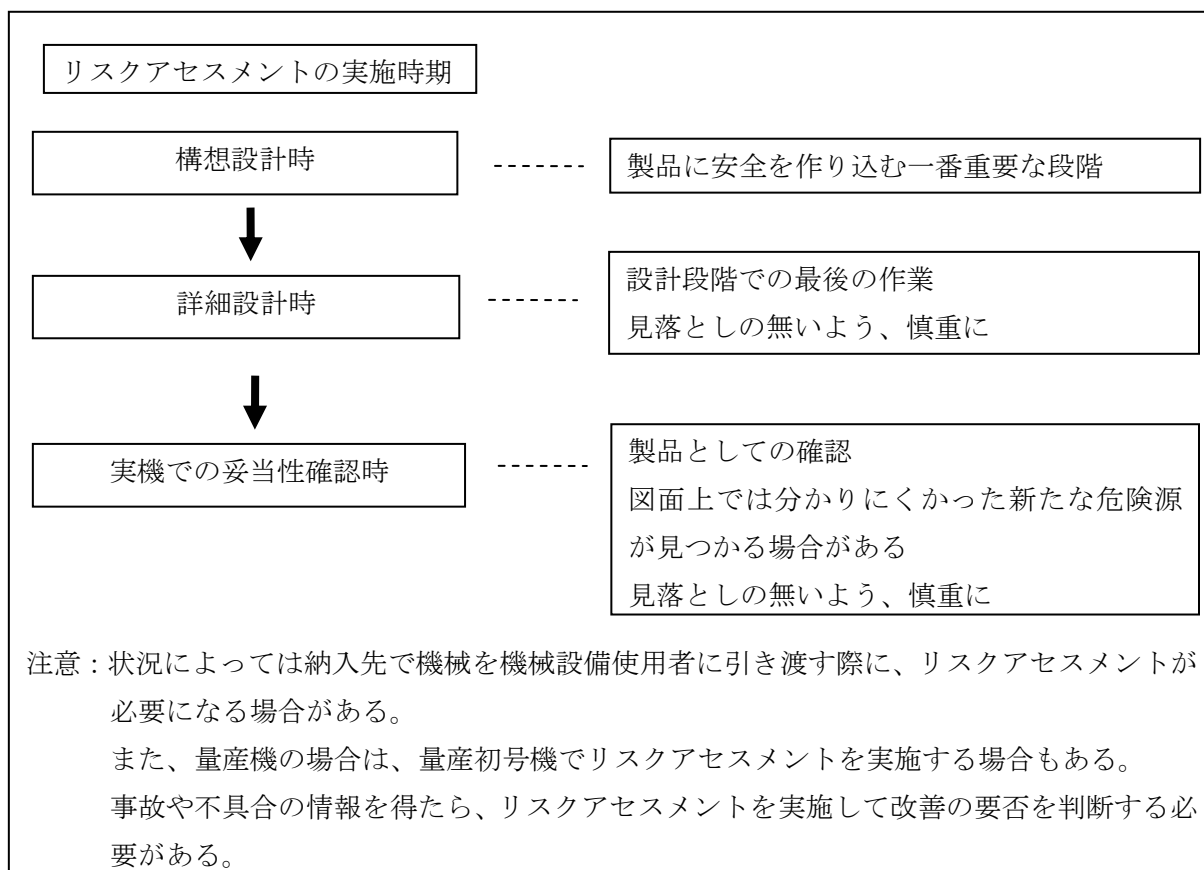



図７：リスクアセスメントの実施時期

2-2-7　利用情報

物的情報としては、当該機械設備の仕様書・安全要求仕様書、設計図面、類似の機械の取扱説明書のほか、配置、操作、動力源の供給関係等機械設備が使用される範囲や条件に関する情報も含めてなるべく多く収集しておく。さらに、同種の機械設備のリスクアセスメント結果や災害発生に関する情報なども可能なら収集することが望まれる。また、顧客と打ち合わせた使用方法や安全に関する要求事項も明確にしておく必要がある。

なお、その機械設備に関する法規制、安全規格など守るべき基準も情報として揃えておかなければならない。

以下が準備する資料及び情報の一例であるが、これらは常に最新のものに更新する必要がある。

（１）機械設備の一般仕様書、安全要求仕様書、仕様図、レイアウト図、類似の機械の取扱説明書
（２）機械設備のライフサイクルの各段階で機械設備に求められる機能、要求事項等
（３）設計図面、機械設備の特質を定める書類（仕様確定後の図面）
（４）動力源に関する情報
（５）当該機械設備に関係する災害、危険事象の経歴、健康障害に対する情報（類似機械設備又は類似機能を持つ機械設備が既に存在する場合）
（６）当該機械設備に関する法規、規格等（当該機械設備に係る構造規格、ＪＩＳ規格（ＩＳＯ規格、ＩＥＣ規格）、当該機械設備が輸出対象品である場合は輸出先の国々の規制・規格等）
（７）安全に関する法規、規格等（労働安全衛生法等）
（８）類似の機械設備のリスクアセスメント事例（類似の機械設備での実施例がある場合）
（９）顧客と交わした安全に関する覚書等
（１０）同種、類似機械設備の事故/災害情報

・厚生労働省< http://www.mhlw.go.jp/ >
・中央労働災害防止協会< http://www.jisha.or.jp/ >
・独立行政法人製品評価技術基盤機構< http://www.nite.go.jp/ >

2-2-8　リスクアセスメントを実行する際に考慮すべきこと

リスクアセスメントの結果に基づき必要な保護方策を立てるとはいえ、現実には、技術的、コスト的な制約により、リスクをゼロにすることは不可能である。

例えば、危険だからといって丸のこ盤から鋸刃（のこば）を取り去ってしまったら安全かも知れないが、機能的には丸のこ盤としての役には立たなくなる。

また、人の身体が近づいたときにセンサーによって鋸刃が瞬時停止する機能があれば高い安全性は得られるが、材木と人の区別ができるセンサーは、技術的に実現できたとしても極めて高価であったり、微妙な調整が必要であったりして現実的ではない。技術的な可能性のほか、コストや作業性・保全性も問題となってくる。

さらに、鋸刃の瞬時停止にしても、大きな回転エネルギーを瞬間的にゼロにする機構を実現しようと考えると、機械設備の耐久性が保てるかどうかなど技術的な問題が山積し、これまた現実的ではない。

したがって、製品である機械設備として実施可能な保護方策を施すことが現実的な対応となる。

つまり、保護方策として達成すべき目標は、以下に列挙した事項を適切にバランスさせて決めることになる。ただし、これらの事項の中で「安全性確保」を最優先として位置付けることは言うまでもない。

（１）機械設備のライフサイクルにわたる安全性確保

（２）機能を遂行するために本来、機械設備が持つ機能、能力

（３）機械設備を使用する際の作業性の良さ

（４）機械設備の製造、運転、保守、解体等のコスト

第３章　リスクアセスメントの実施手順

3-0　リスクアセスメントと保護方策実施の手順の概要

機械設備製造者が新規設計機械設備に対してリスクアセスメントと保護方策を実施する場合は、図８に示す手順に従う。この手順は機械包括安全指針に示される機械設備製造者等が実施する手順であり、ＪＩＳやＩＳＯの基本安全規格に基づいている。この手順は反復してこそ効果が上がるので、適用可能な技術を最大限活用し、リスクが適切なレベルに低減されたと判断できるまで繰り返し実施することが重要である。

以下、この手順について説明する。

【手順 1】

対象とする機械設備について、その制限に関する仕様を決定する。

制限仕様の指定とは、次の事項をいう。

①「使用上の制限事項」

機械設備の意図する使用（設計者が考えている機械設備本来の使い方）と、合理的に予見可能な誤使用（一般的に誰もがやるであろうと思われる間違った機械設備の使い方）を明確に宣言しておくこと。その機械設備を使う労働者の経験、能力等を制限すること（誰でも使えるものではないことの宣言）。

②「空間的な制限事項」

機械設備の作動範囲、設置に要する床面積や高さを考慮した容積、オペレーション及び保守点検等に必要な空間を明示しておくこと。

③「時間的な制限事項」

機械設備本体、構成品（ユニット）、部品・消耗品の耐用年数（寿命）など、時間的な制限（交換時期など）を明示しておくこと。

これは結果的に、その機械設備について、すべての人と機械設備の関わり合いを明確にすることになる。なお、ここで人とは、通常の生産時の作業者だけではなく機械に近付く可能性のある見学者なども含まれることに十分注意を払わなければならない。

【手順 2】

危険源をすべて洗い出し、その中から危険状態を漏れなく同定する。

危険源の中には人との接触が考えられないもの、すなわち危険状態にならず災害に結びつく恐れがないと判断できるものもある。しかし、ここではすべての危険源を摘出しておくことが重要である。ここで漏らしてしまうと後へ続かず、低減されないリスクとして残ってしまう。

その機械設備に存在する危険源をすべて見つけ出すのが手順２の第１ステップである。見つけ出した危険源と手順１で明確にした制限仕様（人と機械設備の関わり合いの範囲）とを組み合わせて精査し、災害に結びつくか否か、つまりリスクが発生するかどうかを明確にするのが第２ステップである。

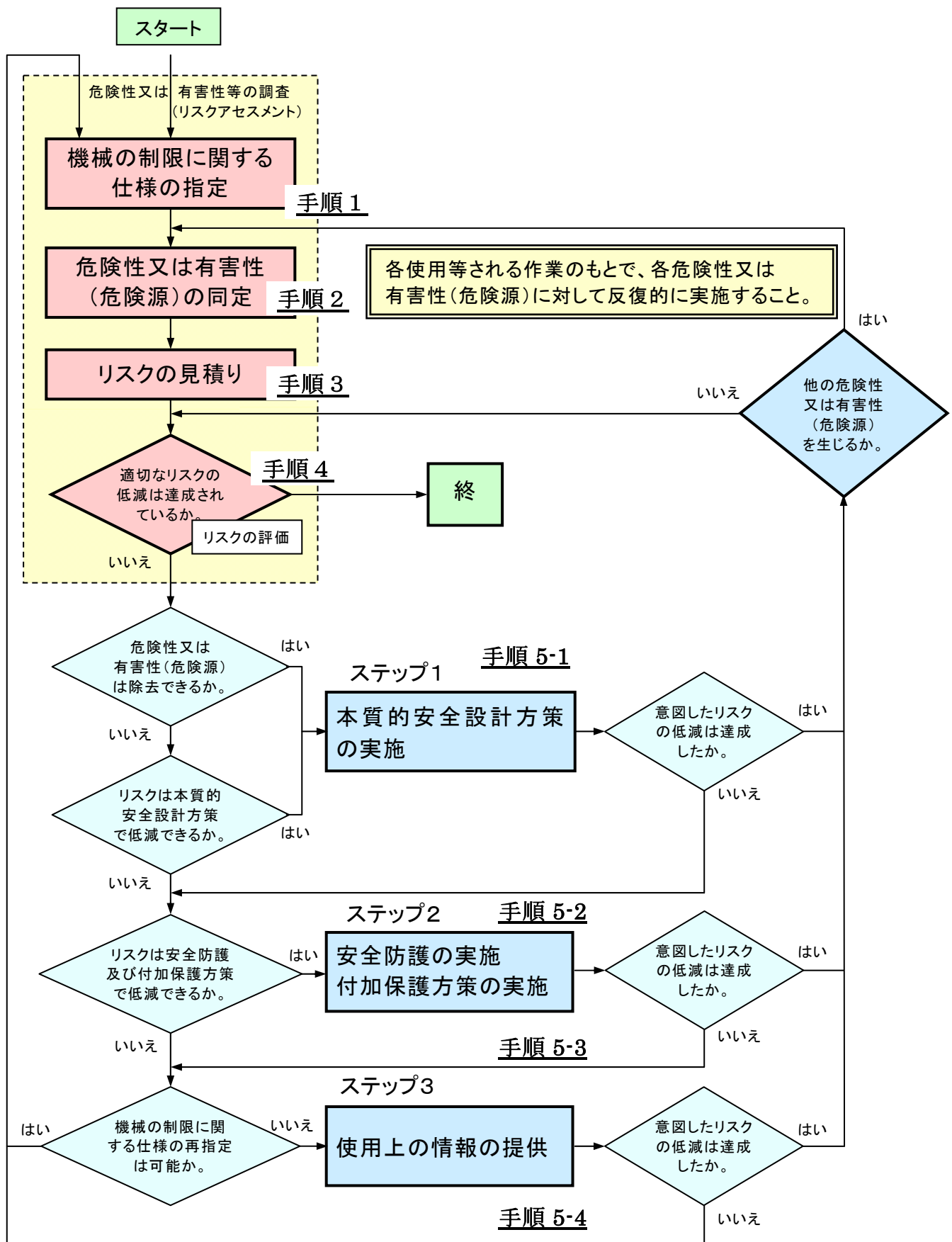



図８　機械の製造等を行う者によるリスクアセスメント及びリスクの低減の手順

【手順 3】

同定された危険源･危険状態のリスクを見積る。

手順２で明確にした危険状態が予測される（多分相当数の）危険源について、所定の見積り手法でリスクの大小をそれぞれ見積る。この見積り手法には特に標準的なものはないので、本書の実施例やそのほかの各種の実施例を基に各事業場又は企業、業界団体等で、社会的に受け入れられるレベルの手法として整えておく必要がある。

【手順４】

リスクを評価し、リスク低減の必要があるかないかを判断する。

リスクアセスメントの最終目的は、当該機械設備のリスクが適切に低減されたか否かの評価である。すなわち放っておけるリスクなのか、そうでないならどのようなレベルの保護方策を適用したらよいのかを見極めることにある。したがって、この評価が妥当なものになるよう、手順３、手順４の評価基準等を適切に設定する必要がある。

【手順 5】

リスク評価結果に基づく保護方策の立案。

【手順 5-1】 **「本質的安全設計方策」によりリスクを除去又は低減する。**

低減が必要と判断したリスクに対し、保護方策の第１段階として実施を検討する。

【手順 5-2】 **「安全防護」によりリスクを低減させる。**

手順 5-1 により十分に低減し得ないリスクに対して､第２段階として検討する。

【手順 5-3】 **「付加保護方策」を講じることによってリスクを低減させる。**

手順 5-2 でも十分に低減し得ないリスクに対して、第 3 段階として検討する。

【手順 5-4】 **「機械の使用上の情報（残留リスク）を機械設備使用者に提供し、かつ警告」する。**

手順 5-3 でもリスクが残ってしまった場合やリスクの再評価で発見した新たなリスクが前記の保護方策で対応できない場合に実施する。

ちなみに、機械設備製造者としては機械設備使用者側が、その機械設備、又はその機械設備のオペレータ等の関係者に対し「残留リスク対策」を立案・実施できるようにすることが重要である。

【手順 6】

保護方策立案後のリスクの再評価を実施する。

これまでの保護方策が妥当なものかをさまざまな観点から審査する段階で、手順２～手順４に準じる方法によって当該の保護方策を適用した場合のリスク低減レベルを最終判断する。

【手順 7】

リスクアセスメント、保護方策の実施内容を文書化する。

手順１から順次実施してきた内容を、その時々の記録表等に基づいてまとめる。

通常、ここまでの手順を１回実施しただけではリスクが十分に低減できるとは限らないので、手順１から手順６までを何度も繰り返し実施して、すべてのリスクを適切なレベルにまで低減させる努力をしなければならない。このように手を尽くしても低減しきれない

リスクが残ってしまったときに初めて手順５－４で作成した使用上の情報を具体的に機械設備使用者（操作者等）に伝え警告することになる。すなわち、手を尽くしても技術・工学的な保護方策では解決できなかった残留リスクのみ、機械設備使用者側に人的管理の対策などを含め最後の保護方策として委ねるのが、適切な保護方策の手順である。

3-1　機械の制限仕様の指定（手順１）

機械設備は、合理的に想定されるすべての使用状況において安全でなければならない。そのためにはまず、機械設備を使用する範囲を機械設備製造者で明確に線引きしておく必要がある。これを機械の制限仕様の指定という。機械設備製造者なら、機械設備の構造を見直すことによってその使用方法を制限することができる（意図する使用、機械設備の範囲、構成品等の寿命)。また、制限内容を文書で明確に宣言することもできる（合理的に予見可能な誤使用、オペレータの経験・能力、部品の交換時期など)。

これらを指定することによって、人と機械設備の関わり合いが明確になる。危害は、人と機械設備の危険源との接近・接触で発生するので、その関わり合いを押さえるのがこの手順１である。

3-1-1　「機械の制限仕様の指定」で把握しておく事項

リスクアセスメントを実施する際、表７の例のように、初めに機械設備が使用されるすべての状況(機械設備の意図する使用:合理的で想定が可能なもの)を明らかにする。ここで「使用」とは、一般的に言う生産目的での使用に限らず、機械設備の設置・調整、清掃・メンテナンス、解体作業なども含まれる。これを機械設備の意図する使用といい、機械設備の仕様や設置状況はどのようなもので、どのような人が、どのような状態で機械設備と関わり合いを持つかを明確にする。

1） 機械の制限仕様の指定をするために考慮すべき項目（人的な面）

機械設備製造者は、人的な面に関して、以下の内容について考慮し、実機そのものに対し、又は、文書等により、機械設備の使用に関して制限を加えることが必要である。

（１）機械設備の製造・改造、運搬・流通（商品展示中を含む)、組付･設置、調整･試運転、通常の使用（設定替え、運転、清掃、トラブルシュート、保全等)、解体･廃棄（又は設備撤去）という、機械設備のライフサイクル（表３を参照）の各段階での使用状況を考慮する必要がある。

これらの各段階で機械設備を取り扱う作業者やそのほかの人々が機械設備にどのように関わるのかを把握する。

（２）合理的に予見可能な誤使用（表４の内容）による人と機械設備の関係や、機能不良（表５に記載の事象など）の結果として生じる機械設備の振る舞いに対する人の反応を考慮する必要がある。

合理的に予見可能な誤使用の主たるものは、その機械設備の取扱説明書に記載のない方法による機械設備の操作で、例えば、誰でも考えそうなボール盤の主軸の回転でワイヤを巻き取るといったことなど、通常の思考過程で予測可能であり、かつ正しくない機械設備の使用である。

機能不良については、そのような状況に陥ったとき、機械作業者等が機械設備に対してどのような行動（リアクション）をとるかということがポイントになる。

参考：OKA　Triangle

使用には大きく分けて、次の３種類がある。

正しい使用

故障状態での使用

誤使用

さらに誤使用は

予見可能な誤使用

非常識な誤使用

の２つに分けることができる。

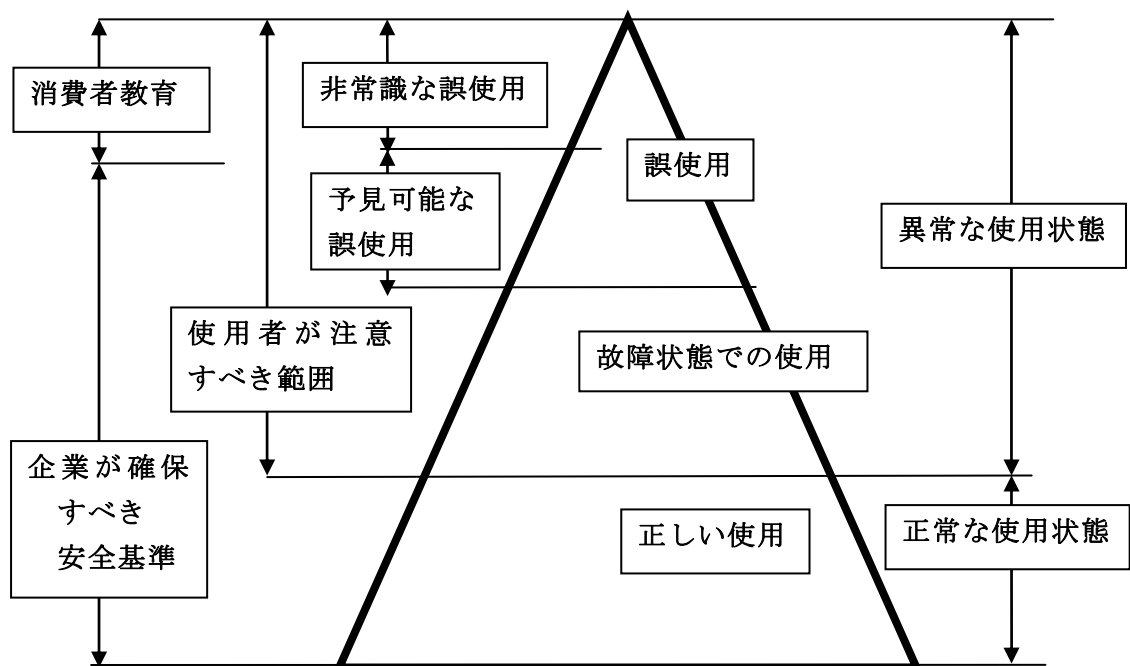



図９：OKA　Triangle

（３）作業者等の特性、例えば、視覚、聴覚など五感の状態、体形、体力、年令、性別、利き手など、実際に機械設備の作業をする際の状況を考慮する必要がある。

具体的には、機械設備の操作位置や操作力・操作回数などと作業者の体形・体力との関係が不適切なため、規定どおりの操作をしても腰痛などが発生するとか、時間が経つうちに作業がしづらくなって所定の操作方法を守らず危険な操作をしたりすることなどがある。

（４）通常の機械設備の取扱作業者、その機械設備の取り扱いに関する訓練受講者、通常はその機械設備の操作に携わらない一般社会人等、あらかじめ想定できる各機械設備使用者の熟練度、経験年数、作業能力等のレベルを考慮する必要がある。

その機械設備の操作に関する能力の如何によって、人の行動、特に非定常的な対応はかなり異なる。自動車の運転における初心者とベテランの差が、この一例であ

る。これら人による行動の違いということも把握しておく必要がある。

（５）直接機械設備を扱う作業者のみならず、部品補給者、その機械設備に関連する作業をする者、見学者等、合理的に予見可能な第三者が接近する状況を考慮する必要がある。

機械設備による狭義の生産活動だけにとらわれず、色々な状況を考える。その機械設備で扱う素材や製品の搬入･搬出に携わる人、機械設備の清掃や保守をする人、周辺の機械設備・装置を扱う人、また隣接する機械設備の作業者等、さらには、その機械設備の稼働状況などを見に来る人、一般の工場見学者、近接する通路を歩行する人などにも注意を向け、機械設備と人の関わり合いを見いだす必要がある。

規格では

リスクアセスメントに関する情報は，次を含むのが望ましい。
a）機械類の詳細に関連する事項
1）使用者の仕様

使用者の仕様とは・・・

シュレッダー幼児指切断事故を思い出してください

誤使用例：
シュレッダーによる幼児の指切断

■性別，年齢，利き手の使用，又は身体能力の限界
例えば，視覚又は聴覚の減退，体型，体力
などにより特定される人の機械類使用（例えば，産業，非産業及び家庭？）

■次のような使用者の訓練，経験又は能力の想定レベル
オペレータ
保全要員又は技術者
見習い及び初心者
一般大衆

私は技術者

私は保全要員

私は監督者

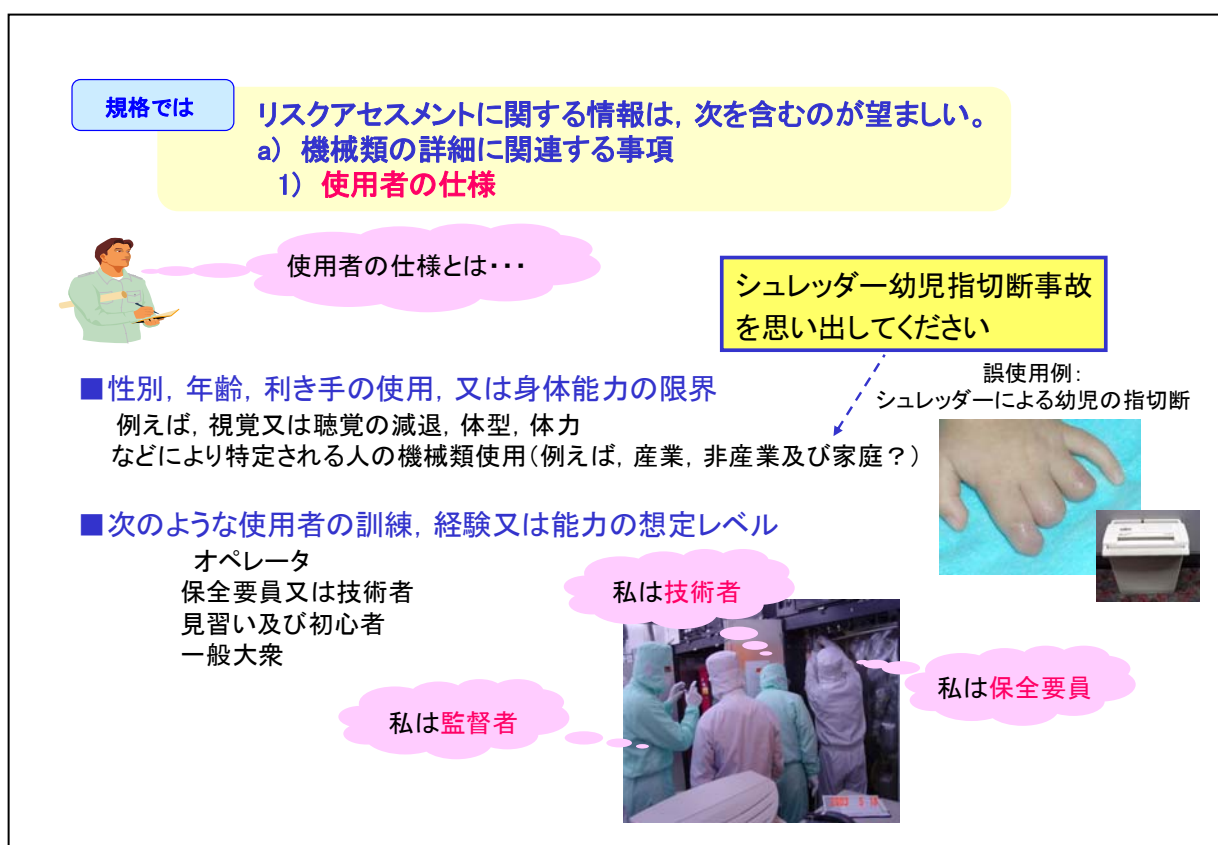



図１０：使用者の仕様

2） 機械設備の使用状況を把握するために考慮すべき項目（設備的な面）

機械設備の仕様書や関係者などによる検討により、対象機械設備がどのように作動するかの状況を明確にする。以下に例を示すが、機械設備が作動するすべての状態において、項目に分けて順次、機械設備使用上の条件を考慮する。

（１）機械設備の運転モード（自動運転、手動運転、段取り、ロボット教示作業など）での作業、ワーク搬入・調整・設定等のいわゆる準備・段取り作業、そのほか作業者の機械設備への接近作業等における**機械設備の運転条件**。

（２）機械設備の可動部の作動範囲（制御されて動く範囲より機械設備が持つ絶対作動範囲の方が広いことに留意。機械設備の機能不良時には、絶対作動範囲を動く可能性があることや､機械設備の据付けに伴う**スペース上の条件**｡（平面だけでなく、

空間的な範囲や建屋の壁・天井・そのほかの構築物、ほかの機械設備等との距離にも留意する）

（３）機械設備及びその構成部品の**寿命上の条件**。（部品の交換時期、方法、頻度、廃棄部品の処理などに留意する）

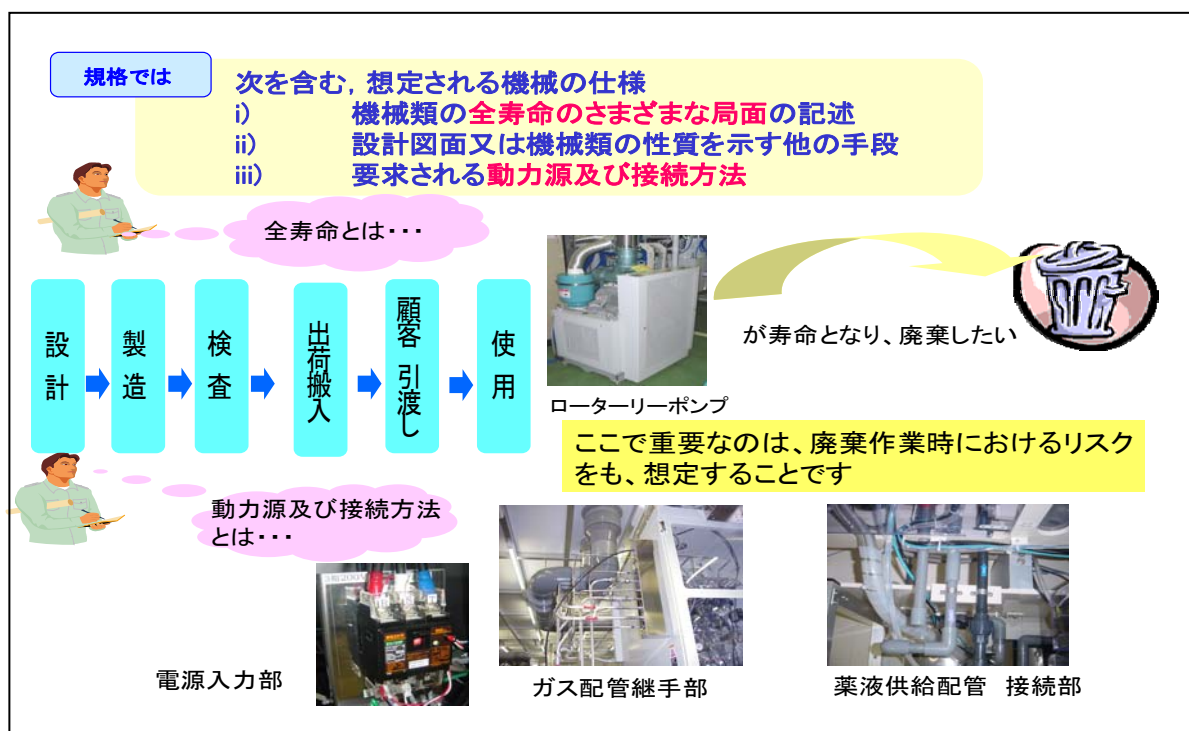



図１１：想定される機械の仕様

表3：　機械設備のライフサイクルの例

ライフサイクル	ライフサイクルの詳細
製造段階	機械設備製造者が機械設備を製造する段階（出荷前の調整・試運転を含む）
出荷・運搬段階	機械設備製造者から直接又は販売会社、リース業者等を経由して機械設備の使用者へ機械設備を運搬する段階 機械設備の使用者からほかの使用者、機械設備製造者、中古機械設備販売会社又は廃棄業者へ運搬する段階

組立・設置段階	機械設備の使用事業場での機械設備製造者による組立・設置、又は機械設備の使用事業場での機械設備使用者の生産技術等による組立･設置の段階
調整・試運転段階	使用者の事業場で機械設備製造者が行う調整・試運転段階 機械設備の使用者が行う調整・試運転段階
使用段階	機械設備の運転操作に加え、設定替え、保全、故障修理、検査、清掃、補給等をする段階
解体・廃棄段階	使用者、廃棄業者等が機械設備を解体・廃棄する段階

表４： 合理的に予見可能な誤使用が起こり得る場合(JIS B 9700-1:2004 に基づく)

1	機械設備を使用中に、機能不良、事故又は故障が生じたときの人の反射的な挙動
2	集中力の欠如又は不注意（機械設備の故意の誤使用ではなく）から生じる人間の挙動
3	作業遂行中、“最小抵抗経路”※をとった結果として生じる挙動
4	どんな事態が起きても、機械設備を稼働させ続けようとするプレッシャー(機械設備を止めると後が面倒、などと考えることから発生する)から生じる挙動
5	特定の人の挙動（例えば、子供、障害者など、一般的な身体寸法の作業者と異なる行動をとる可能性のある者)

※ 最小抵抗経路とは“近道反応”、“省略行動”と言われるもので、「人の知覚が目前の物事をどのようにまとめるか」を明らかにする心理学（形態心理学）の分野での用語である。

この最小抵抗経路は、「把握されたパターンは、そのときに与えられている条件のもとで、全体的に最も単純で、最も秩序ある、最も良い形にまとまろうとする傾向を持つ」という法則で表現される。

要するに、楽をしよう（面倒なことはやりたくない、手を抜こう、早く済ませよう、など）と考えて、本来なすべき挙動･行動を取らないことに当たる。これが5種類挙げた挙動の中で最も多くかつ日常的に発生するものと思われる。

表５： 機械設備に起こり得る機能不良(JISB9700-1:2004 に基づく)

1	加工材料又はワークピースの特性又は寸法の変化
2	機械設備の構成部品又は機能の一つ(又は複数)の故障
3	外的妨害(外乱:例えば、電磁妨害、衝撃、振動)
4	設計誤り又は設計不良(例えば、ソフトウェアのバグ)
5	動力供給異常(例えば、電圧、空圧の大幅な変動)
6	周囲の状況(例えば、地盤沈下により機械設備を固定した床の水平性が損なわれる)

3-1-2　具体的な手法

表６に示した「機械設備のリスクアセスメントの実施前に明確にするものの例」をチェックシートとして活用し、明確にする内容を漏れなく確認した結果が、リスクアセスメントを進める際に必要な情報となる。また、簡易的に、表７の「機械の制限仕様の指定シート」を使用することもできる。

なお、機械設備のライフサイクルにおけるすべての段階でリスクアセスメントを実施する必要があるが、すべてのライフサイクルの段階を一度に実施するのはできない。

実務的には、ライフサイクルの段階をいくつかに分割し、順次リスクアセスメントを実施することになるが、どの段階でのリスクアセスメントを実施するのかを明確にした上で実施する必要がある。

このため、表７の書式では、機械設備のライフサイクルの欄を設けてある。これをきちんと記載して、今、ライフサイクルのどの段階について検討しているのかを明確にすることが肝要であるし、手順２以降では、このシートをもとに、対象とする段階のリスクアセスメント作業をすることになる。

この手順１では、機械設備のライフサイクル段階全体を考えて機械の制限仕様を指定し、その中で、様々な観点から個々の段階のどれから手を付けていくかを決定するのが基本である。

しかし、運用上は、特定のライフサイクル段階に絞って手順１を実施してもよい。

ただし、単に実施しやすい段階から手を付けるのではなく、最も安全性が危惧される段階から実施するのは言うまでもない。

手順２以降は、個々のライフサイクル段階ごとに作業を進める。したがって、手順２から手順７までのリスクアセスメントは、対象とする段階ごとにその実施日程も異なるのが普通である。また、当然であるが段階分けした数だけリスクアセスメントを実施することになる。

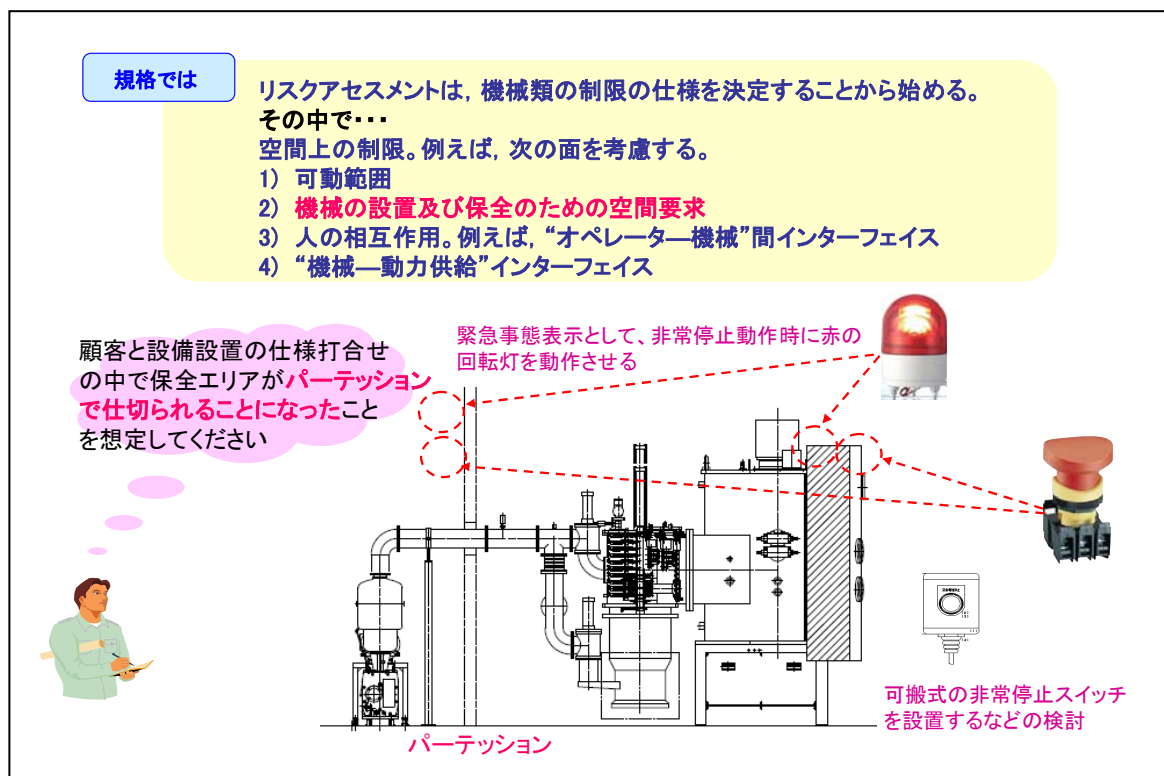



図１２：機械類の制限の決定

表６：　機械設備のリスクアセスメントの実施前に明確にするものの例

分類	機械設備の使用状況	チェック内容	リスクアセスメントへの活用
機械設備の仕様等	･機械設備の能力等の仕様	機械設備の能力等の仕様を明確にする。	リスクの見積り
	･機械設備及びその構成部品の寿命上の条件	機械設備の寿命、構成部品の寿命と交換時期（頻度）･交換方法、廃棄部品の処理方法などを明確にする。	リスクの見積り
	･機械設備可動部の作動範囲や、機械設備の据え付けに伴うスペース上の条件	機械設備可動部の作動範囲を明確にし、据え付けに伴うスペース条件を明確にする。	リスクの見積り

機械設備が使用される目的、用途	・機械設備が使用される目的、用途	機械設備の仕様書等から目的、用途を明確にする。	危険源の同定
	・機械設備が使用される目的、用途で想定される作業等	機械設備の使用段階だけでなく、すべてのライフサイクルにおける作業等について明確にする。	危険源の同定
	・合理的に予見可能な誤使用	表2も参考にして、合理的に予見可能な誤使用が起こり得る場合を明確にする。	危険源の同定
	・機械設備やソフトウェアの予見可能な機能不良に伴う人の行動	機械設備やソフトウェアで起こりうる機能不良に伴う人の行動を明確にする。	危険源の同定
機械設備に関わりを持つことが想定される人	・直接機械設備を操作する作業者だけでなく、保全作業者、その機械設備に関連する作業者、見学者等の合理的に予見可能な、機械設備に接近する可能性のある第三者	どのような人がどのような状況になったとき、機械設備に接近する可能性が出るかを明確にする。	危険源の同定
	・通常の機械作業者、その機械設備の取り扱いに関する訓練受講者等、機械設備を使用することが予想される人の熟練度、経験年数、作業能力等のレベル	基本的には仕事に携わる可能性のあるすべての人の能力を考慮する。	リスクの見積り
	・機械設備を使用する人間のさまざまな能力・特性（視覚又は聴覚などの五感の状態、体形、体力、年令、性別、利き手など）	基本的には仕事に携わる可能性のあるすべての人の能力を考慮する。	リスクの見積り
機械設備の使用が想定される期間	・機械設備のライフサイクル（機械設備が製造され廃棄されるまで：表1参照）	機械設備のライフサイクルの具体的な各段階を明確にする。	危険源の同定
使用を想定される場所	・機械設備が使用される場所	使用される場所を明確にする〈温度、湿度、高さ等の条件も考慮する〉	リスクの見積もり

表7： 機械の制限仕様の指定シート（例）

<table>
<tr><td>部署名</td><td>部長</td><td>課長</td><td>作成者</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="3">項目</td><td>機械の制限仕様等</td></tr>
<tr><td colspan="3">機械設備の名称</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">機械設備を使用する目的、用途</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">機械設備のライフサイクル段階</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">・予見される誤使用、
・機能不良に伴う人の行動
・制限仕様に基づく
人と機械設備の関わり合い</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="10">機械の主な仕様</td><td colspan="2">製品型式</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">設計寿命</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">構成部品の交換間隔</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">原動機出力（ｋＷ）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">運転方式（モード）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">加工能力</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">送りスピード又は回転数</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">製品寸法（縦×横×高さ）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">製品質量（ｋｇ）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">設置条件（温度、湿度等）</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">危害の対象者</td><td>運転員</td><td>資格の要否</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">周辺の作業員</td><td></td></tr>
<tr><td>サービス員
（補給、保全）</td><td>資格の要否</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">第三者</td><td></td></tr>
</table>

表8:機械の制限仕様の指定シート(記入例)

部署名	部長	課長	作成者
技術部 設計課	山田	佐藤	鈴木

<table>
<tr><th colspan="3">項　　　目</th><th>機 械 の 制 限 仕 様 等</th></tr>
<tr><td colspan="3">機械設備の名称</td><td>ウォータジェット織機</td></tr>
<tr><td colspan="3">機械設備を使用する目的、用途</td><td>織物を製織する機械</td></tr>
<tr><td colspan="3">機械設備のライフサイクル段階</td><td>機械の運搬、設置、試運転
機械の調整、運転。機械の分解、廃棄</td></tr>
<tr><td colspan="3">・予見される誤使用、
・機能不良に伴う人の行動
・制限仕様に基づく
人と機械設備の関わり合い</td><td>１．機械運転中にカバーなどを外して調整する。
２．ブレーカをOFFしないで、制御盤の電源部に接触。
３．調整中に機械を起動させ手を挟まれる。</td></tr>
<tr><td rowspan="10">機械の主な仕様</td><td colspan="2">製品型式</td><td>LW600</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計寿命</td><td>20年（消耗部品は除く）</td></tr>
<tr><td colspan="2">構成部品の交換間隔</td><td>定期点検周期　１年</td></tr>
<tr><td colspan="2">原動機出力（ｋＷ）</td><td>3.7ｋＷ（３相モータ）</td></tr>
<tr><td colspan="2">運転方式（モード）</td><td>自動/手動</td></tr>
<tr><td colspan="2">加工能力</td><td>3m/min(Max)</td></tr>
<tr><td colspan="2">送りスピード又は回転数</td><td>$17.5s^{-1}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">製品寸法（縦×横×高さ）</td><td>3610×1620×2313(mm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">製品質量（ｋｇ）</td><td>20Mg (Max)</td></tr>
<tr><td colspan="2">設置条件（温度、湿度等）</td><td>屋内、温度10℃～40℃、湿度90％ (Max)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">危害の対象者</td><td>運転員</td><td>資格の要否</td><td>資格不要、教育受講者のみ操作可能</td></tr>
<tr><td colspan="2">周辺の作業員</td><td>教育受講者のみ操作可能</td></tr>
<tr><td>サービス員
(補給、保全)</td><td>資格の要否</td><td>資格要</td></tr>
<tr><td colspan="2">第三者</td><td>機械設置の工場内の立ち入り禁止、操作禁止</td></tr>
</table>

3-2　危険源の同定（手順２）

3-2-1　危険源の同定とは

危険源の同定は、次の順序で実施する。

（１）機械設備に関連するすべての危険源を同定する。

（２）危険源と人との関係で危害（傷害、健康障害）が発生することが予測されるすべての危険源･危険状態を同定する。

危険源とは、｢危害を引き起こす潜在的根源｣とJISB9700－1:2004に定義されている。危険源が単に存在するだけでは危険状態とはならず、作業等のために危険源と人が関わりあうとき、初めて危険状態が生じる。

すなわち、危険源の広がりの中に、人の行動範囲が重なり合ったとき（空間的な重なりと、時間的な重なりがある）危険状態が生じると言えるのである。

空間的な重なり：産業用ロボットの作動範囲に作業者が入り込んでいるなど、空間的に危険源と人が同居しているような状態のことである。

時間的な重なり：時間（時刻）によって、危険又は安全のいずれかの状態が生じる。

一般に、機械設備が停止※しているときは、空間的な重なりがあっても危険状態とは言えない。

停止しているときはロボットに作業者が接近しても安全、作動しているときにロボットに接近したら危険、がこの例である。

一般的には、危険源と人とが同一時刻に同一空間を占めた場合、危険状態となり、そのまま危害発生につながる恐れがある。したがって空間的な重なりだけでなく、時間的な重なりにも着目して正しく危険状態を見極めることが重要である。図１３に危険源が危害に至るプロセスを示す。

※注：機械設備の停止：ここで停止とは、機械設備の動力源が元で遮断されて止まっている状態を言う(停止カテゴリ0又は1)。実際には、動力源が生きていて単に信号入力待ちで停止している(待機状態：停止カテゴリ2)ことが多い。この場合そばに人がいれば、それは危険状態である。

図１３には、危険源、危険状態、危険事象、危害という単語が出てくるが、ここでプレス機械を例に、その意味を説明しておく。

「危険源」の定義は、この節の初めに書いたように｢危害を引き起こす潜在的根源｣である。プレス機械を例にとると、金型を取り付けて鋼板をプレス加工するスライド（上昇下降する部分）が「危険源」の一つだと言える。このスライドは、人にとっては傷害、すなわち災害を引き起こすことになる危険源そのものなのである。

「危険状態」とは、危険源に人がさらされる（ばく露される）状態をいう。これには、押しつぶし、切傷のような短期的なばく露から、粉じんの吸引などの後になって症状の出る長期間のばく露までを含む。ここで「さらされる（ばく露される)」とは、

その危険源と人との間にばく露を阻むものが存在しない状態をいう。つまり遮るものがないので人が危険源に接近・接触する可能性があるというだけで、現実に接近・接触しているかどうかはここでは問題にしない。プレス機械のスライドでは、そこに人を近づかせないための安全柵・ガードがない状態、又は、光線式安全装置を設置して人が近づいたらスライドの動きを直ちに停止させるといった手段が取られていない状態をいう。つまり保護方策が施されていなかったり、不備があるため人が危険源に接近・接触し得る状態のことである。繰り返すが、「危険状態」では、現実に人が接近・接触しているかどうかは別問題である。

「危険事象」とは、危険状態から結果として危害に至る出来事、とされている。「危害」すなわち現実に傷害、健康障害が正に発生する状態であり、「プレス機械のスライド直下に手を入れたこと」が危険事象となる。

「危害」とは、身体的傷害、健康障害のことで、プレス機械のスライドが下降してきたとき、入れた手を抜くのが遅れ指を潰されたなどの災害をいう。スライドが機能不良で２度落ちした、下降速度が速すぎて逃げ切れなかったなど、回避に失敗した場合に「危害」が発生する。

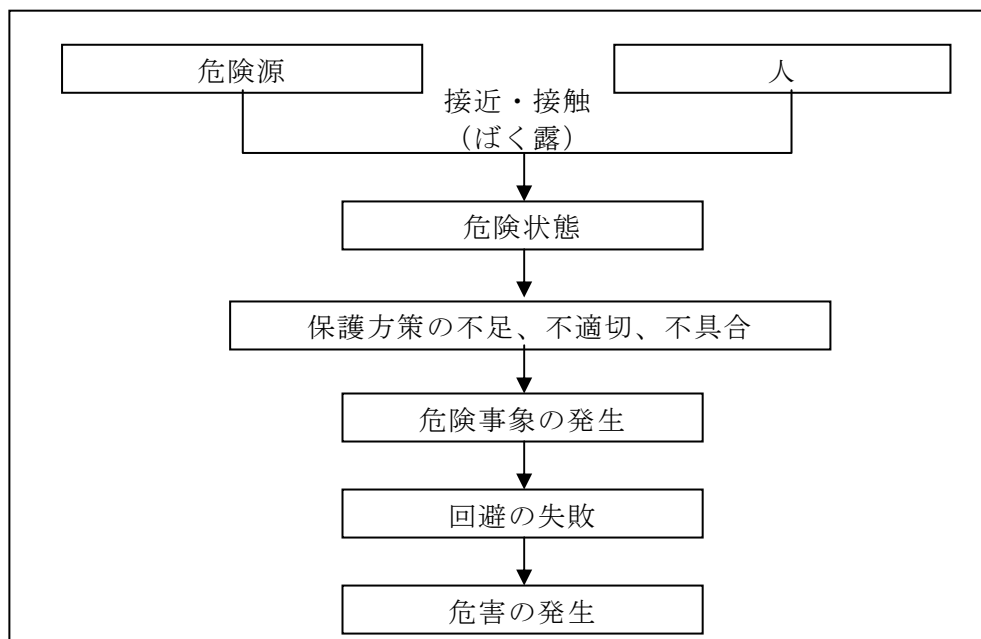



図13　危険源から危害に至るプロセス（JISB9702:2000 解説図２に基づく）

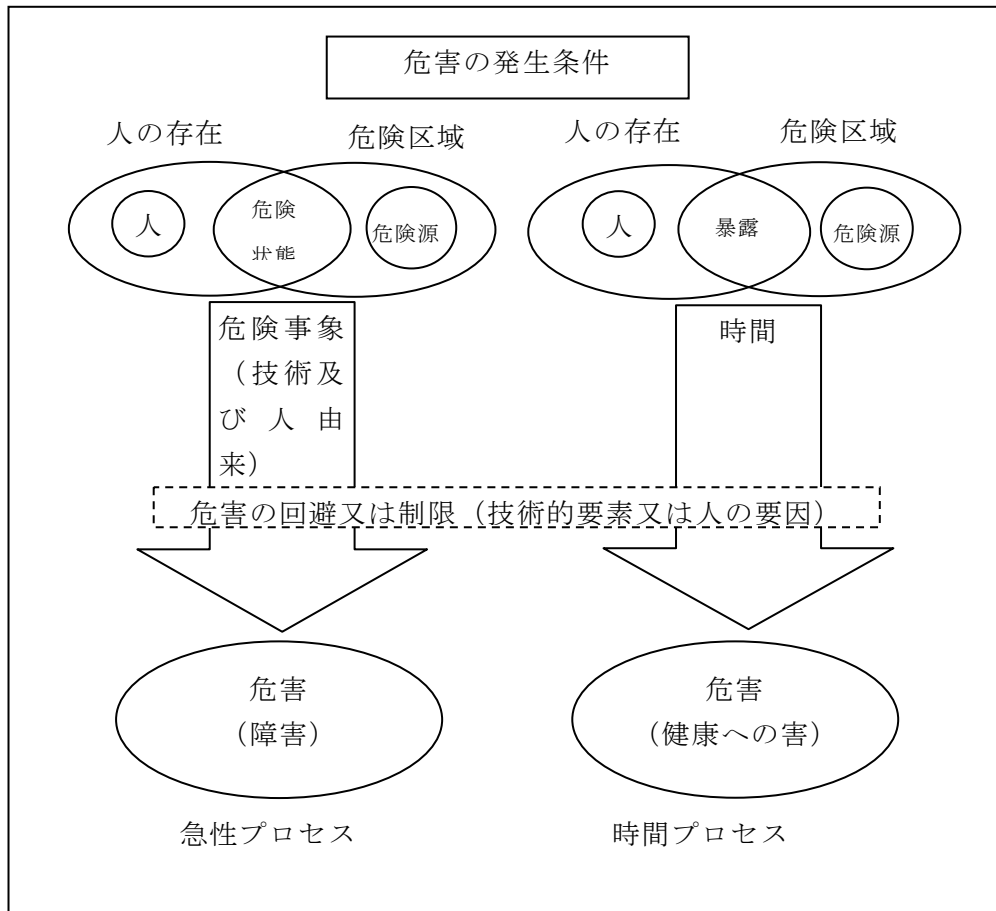



図14　危害の発生条件（ISO 14121-2:2007　図2に基づく）

3-2-2　具体的な実施方法

手順1で明確にした機械の制限仕様をもとに、機械設備を使用するすべての状況（合理的に想定できたもの）における危険源・危険状態を同定する。

ここで、想定された機械設備の使用状況には機械設備のライフサイクルにおけるすべての段階を含むが、すべての段階についての危険源を一度に同定することは難しいので、いくつかの段階に分割して実施するのは、前にも述べたとおりである。原則的には、ライフサイクルの段階ごとのリスクアセスメントの実施に先立って、その機械設備に内在する危険源をすべて洗い出しておく。ライフサイクル全般に対して行うのは、各段階の境界部分での見落としや特定の段階での洗い出しが抜けてしまうなどのミスを防ぐためである。しかしながら、設計段階では個々のライフサイクル段階ごとに危険源を洗い出す方が時間的な制約からも現実的である。

表9に、JISB9702:2000 の附属書Ａで示される「危険源・危険状態及び危険事象」の表を添付している。工場に設置して使う、いわゆる据え置きタイプの機械設備では、この表でNo1からNo19として示される危険源については、一項目ごとにチェックする。なお、No20以降は、移動タイプの機械等について考えるべき危険源の項目である。

危険源の洗い出しに漏れがないようにするには、表9のような危険源のリスト(既知の分類表)を

手元に準備しておき、機械設備の構造、動作などと照らし合わせて、一つずつ確実にチェックすることが有効である。

このようなリストと比較して危険源・危険状態の認定を行うことを「同定」という。この方法を用いれば、危険源・危険状態を漏れなく発見できる可能性がかなり高まる。これは JIS B9702:2000 や ISO14121:1999 に示されている標準化された方法なので、責任を持って漏れのないことを示すために有効である。またこの方法で「同定」を行った別のリスクアセスメントとの結果を比較しやすいという利点もある。

これ以外の危険源・危険状態を同定する方法としては、危険予知（KY）の手法を用いるなどが考えられる。なお、既存設備のリスクアセスメントの場合は、「同定」以外に使い慣れた方法があれば、それを併用することで実務上の効果が期待できる。

なお、新規設計の機械設備であっても、類似の機械設備（機構など）が既に存在し、それには過去に災害の実例がない、又は少ないことをそのまま当該機械設備のリスクが低いとして危険源の同定の対象外としてはならない。過去に災害がないこととリスクが低いことは同一ではない。たまたま災害が起きなかっただけのことだったと考えるべきである。

続いて、各ライフサイクル段階について一つずつ、この手順2を実施するが、その中で、既に洗い出した危険源のほかにそれぞれの段階に特有の危険源が見落とされていないか、上記と同様の手法で、そのライフサイクルの各段階の状況を勘案して精査しておく必要がある。

このあと、これら洗い出した危険源が人との関係で危険状態になり得るかどうかを吟味する。これには、手順1で機械の制限仕様を明らかにしたなかでの人と機械設備の関わり合いの想定を利用する。このデータを使って、この段階において作業者等の行動と、手順2の冒頭で同定した危険源との関わりを明確にして、危険状態となり得るものをすべてピックアップする。

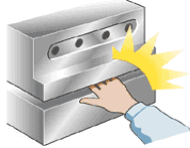
この場合も、表9を参照しながら危険状態の同定を行うと、関係する作業・行動の中での危険状態の有無を漏れなく把握するのに役立つ。また図２８に危険源の参考として機械的危険源の具体例を図示した。

なお、初回のリスクアセスメントを実施する構想設計段階では、機械的手段及び電気・電子制御的な手段による保護方策が一切施されていない前提でリスクアセスメントを実施する。また、２回目以降は、保護方策を織り込んだ場合、固定ガード・カバー類は、そのまま取り付けられている状態でリスクの見積りを実施する。電気・電子制御による保護装置の場合、別途解説する「制御システムの安全関連部」（５－３　110 ページ）としての見積り評価（リスクの再評価）を実施してあれば、そのままにして問題ない。

規格では

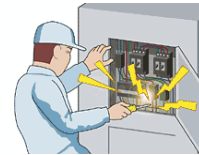
注記1 “危険源”という用語は，その**発生源**（例えば，機械的危険源，電気的危険源）を明確にし，又は**潜在的な危害**（例えば，感電の危険源，切断の危険源，毒性による危険源，火災による危険源）の性質を明確にするために適切である。

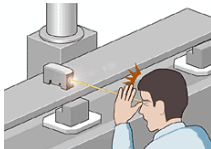
機械的危険源

固体　または、液体の機械的作用に起因して生ずる危険。
たとえば、押しすぶし、切断、裂傷巻き込みなどの危険性

熱的危険源

高温、低温の機械類に接触することなど。火災または爆発を引き起こす高温の危険性

電気的危険源

感電、電気アーク、絶縁破壊、漏洩電流、静電気などの危険性

有害磁場,光線危険源

レーザー、マイクロ波、X線、電離及び非電離放射線などの危険性

騒音の危険源

聴覚への支障や耳鳴りなど

材料及び物質による危険源

有害な化学薬品などの吸入、摂取または接触。それらが使用が起因する、火災・爆発の危険性

図１５：危険源の例

表９　危険源リスト：危険源、危険状態及び危険事象の例　（JISB9702:2000 より）

№.	危　険　源
	一般的な据置き型の機械に存在する危険源、危険状態及び危険事象
1	機械的危険源 （１）機械部品または加工対象物が発生する例えば次の事項から起こるもの ａ）形状 ｂ）相対位置 ｃ）質量及び安定性（重力の影響を受けて動く構成要素の位置エネルギー） ｄ）質量及び速度（制御または無制御運動時の構成要素） ｅ）不適切な機械強度
	（２）例えば次の項目から起こる機械内部の蓄積エネルギー ｆ）弾力性構成要素 ｇ）加圧下の液体及び気体 ｈ）真空効果
1.1	押しつぶしの危険源
1.2	せん断の危険源
1.3	切傷または切断の危険源
1.4	巻き込みの危険源
1.5	引き込みまたは捕捉の危険源
1.6	衝撃の危険源
1.7	突き刺しまたは突き通しの危険源
1.8	こすれまたは擦りむきの危険源
1.9	高圧流体の注入または噴出の危険源
2	電気的危険源
2.1	充電部に人が接触（直接接触）
2.2	不具合状態下で充電部に人が接触（間接接触）
2.3	高電圧の充電部に接近
2.4	静電気現象
2.5	熱放射、または短絡若しくは過負荷などから起こる溶融物の放出や化学的効果などその他の現象
3	次の結果を招く熱的危険源
3.1	極度の高温または低温の物体若しくは材料に人が接触しうることにより火災または爆発、及び熱源からの放射による火傷、熱傷及びその他の傷害
3.2	熱間または冷間作業環境を原因とする健康障害
4	次の結果を招く騒音から起こる危険源
4.1	聴力喪失（聞こえない）、その他の生理的不調（平衡感覚の喪失、意識の喪失）
4.2	口頭伝達、音響信号、その他の障害

№.	危　険　源
5	振動から起こる危険源
5.1	各種の神経及び血管障害を起こす手持ち機械の使用
5.2	特に劣悪な姿勢と組み合わされた時の全身振動
6	放射から生ずる危険源
6.1	低周波、無線周波放射、マイクロ波
6.2	赤外線、可視光線及び紫外線放射
6.3	Ｘ線及びγ線
6.4	α線、β線、電子またはイオンビーム、中性子
6.5	レーザー光
7	機械類によって処理又は使用される材料及び物質（並びにその構成要素）から起こる危険源
7.1	有害な液体、気体、ミスト、煙及び粉じんとの接触またはそれらの吸入による危険源
7.2	火災または爆発の危険源
7.3	生物（例えば、かび）または微生物（ビールスまたは細菌）の危険源
8	例えば次の項目から起こる危険源のように、機械類の設計時に人間工学原則の無視から起こる危険源
8.1	不自然な姿勢または過剰努力
8.2	手－腕　または　足－脚　についての不適切な解剖学的考察
8.3	保護具使用の無視
8.4	不適切な局部照明
8.5	精神的過負荷及び過少負荷、ストレス
8.6	ヒューマンエラー、人間挙動
8.7	手動制御器の不適切な設計、配置または識別
8.8	視覚表示装置の不適切な設計または配置
9	危険源の組合せ
10	次の事項から起こる予期しない始動、予期しない超過走行／超過速度（または何らかの類似不調）
10.1	制御システムの故障／混乱
10.2	エネルギー供給の中断後の回復
10.3	電気設備に対する外部影響
10.4	その他の外部影響（重力、風など）
10.5	ソフトウェアのエラー
10.6	オペレータによるエラー（人間の特性及び能力と機械類の不調和による）
11	機械を考えられる最良状態に停止させることが不可能
12	工具回転速度の変動
13	動力源の故障
14	制御回路の故障
15	取り付け上の誤り
16	運転中の破壊

№.	危　険　源
17	落下または噴出する物体または流体
18	機械の安定性の欠如／転倒
19	人員の滑り、つまずき及び転落（機械に関係するもの）
移動性によって付加される危険源、危険状態及び危険事象	
20	走行機能に関連したもの
20.1	エンジン始動時の移動
20.2	運転位置に運転者がいない状態の移動
20.3	全ての部品が安全位置にない状態の移動
20.4	歩行者による制御式機械類の過大速度
20.5	移動時の過大振動
20.6	減速、停止及び固定するための機械能力が不十分
21	機械上の作業位置（運転台を含む）に関連したもの
21.1	作業位置に出入りする時や、そこに居る時の人の転落
21.2	作業位置における排気ガス／酸素不足
21.3	火事（運転室の可燃性、消火手段の欠如）
21.4	作業位置における機械的危険源 a)車輪に接触 b)車の転倒 c)物体の落下、物体の貫通 d)高速回転部品の破壊 e)機械部品または用具と人との接触（歩行者用の制御式機械類）
21.5	作業位置からの不十分な視認性
21.6	不適切な照明
21.7	不適切な座席
21.8	作業位置における騒音
21.9	作業位置における振動
21.10	避難／非常口の不備
22	制御システムによるもの
22.1	手動操作器の不適切な配置
22.2	手動操作器及びその操作モードの不適切な設計
23	機械の取扱いから起こるもの（安定性の欠如）
24	動力源及び動力伝達装置によるもの
24.1	エンジン及びバッテリから起こる危険源
24.2	機械間の動力伝達から起こる危険源
24.3	連結及び牽引から起こる危険源

No.	危　険　源
25	第三者から起こるまたは第三者に及ぼす危険源
25.1	無許可の起動／使用
25.2	停止位置から移動する部分のずれ
25.3	視覚または聴覚警告手段が欠如または不適切
26	運転者／オペレータに対する指示が不十分
持ち上げにより付加される危険源、危険状態及び危険事象	
27	危険状態及び危険事象
27.1	次の事項から起こる荷の落下、衝突、機械の転倒
27.1.1	安定性の欠如
27.1.2	無制御状態の荷役－過負荷－転覆モーメントの超過
27.1.3	無制御状態での運動の振幅
27.1.4	予期しない／意図しない荷の移動
27.1.5	不適切な掴み装置／付属装置
27.1.6	１台以上の機械の衝突
27.2	人が負荷支持体に接近することから起こるもの
27.3	脱線から起こるもの
27.4	部品の不十分な機械的強度から起こるもの
27.5	プーリー、ドラムの不適切な設計から起こるもの
27.6	チェーン、ロープ、つり上げ装置及び付属品の不適切な選定並びに機械への不適切な組み込みから起こるもの
27.7	摩擦ブレーキで制御した荷下しから起こるもの
27.8	組立／試験／使用／保守の異常状態から起こるもの
27.9	人にかかる負荷の影響から起こるもの（荷や釣り合い重りによる衝撃）
28	電気的危険源
28.1	照明から起こるもの
29	人間工学原則の無視により発生する危険源
29.1	運転席からの不十分な視認性
地下作業により付加される危険源、危険状態及び危険事象	
30	下記事項の機械的危険源及び危険事象
30.1	動力式屋根支柱の安定性欠如
30.2	レール上を走行する機械類の加速または制動の故障
30.3	レール上を走行する機械類の非常制御の故障または欠如
31	人の移動の制限
32	火災及び爆発
33	粉じん、ガス、その他の放出
人のつり上げまたは移動により付加される危険源、危険状態及び危険事象	
34	次の事項による機械的危険源及び危険事象
34.1	不適切な機械的強度－不適切な運転係数

No.	危　険　源
34.2	負荷制御の故障
34.3	人員を搬送する機械の制御装置の故障（機能、優先度）
34.4	人員を搬送する機械の超過速度
35	人員を搬送する機械からの人の転落
36	人員を搬送する機械の落下または転覆
37	ヒューマンエラー、人間挙動

＊本資料は JISB9702:2000「機械類の安全性－リスクアセスメントの原則」の附属書Ａに、欧州機械指令（89/392/EEC)、産業安全研究所特別研究報告（NIIS-SD-No.14）等を参考にして具体的な内容説明を加えたものである。

3-2-3　危険源の同定のステップ

危険源の同定のステップは、以下の表１０で詳細な手順を確認していただきたい。

表１０　　：危険源の同定のステップ

№.	危険源の同定のステップ	具体的な方法
1	ライフサイクルの段階にこだわらず、その機械設備に内在する危険源をすべて洗い出す。 ここでの検討結果は、No.2項以下の個別のライフサイクル段階での作業で共通して利用する。 実行上の問題で、初期にすべての危険源を洗い出すのが困難な場合には、次項のライフサイクル段階ごとに洗い出しするのもやむを得ない。	・ 付録の表９「危険源リスト：危険源、危険状態及び危険事象の例」を基にする。 ・ 当該機械設備の構造・動作を仕様書、設計図、現物の動きを見るなどして理解した上で、内在している危険源、周囲の機械設備やそのほかの構造物との相互関係で発生する危険源などをすべて洗い出す。
2	今回、リスクアセスメントを実施する対象が、機械設備のライフサイクルの中でどの段階であるかを明確にする。 段階ごとにその発生頻度や発生時期が異なる。 どれを先行して実施するかは、適切な判断が必要である。 一般的には「運転操作段階」などライフサイクル中に多くの時間を占めるものを優先して実施するのがよい。	・ 機械設備のライフサイクルをリスクアセスメントが実施し易い範囲（単位）に分割する。例えば、表３の機械設備のライフサイクルでいえば、「機械設備の使用段階」の中でも、機械設備の運転操作、設定替え、保全、故障修理、検査、清掃、補給等の段階をすべて同時にリスクアセスメントすることは困難であるので、いくつかに分割して実施するのが合理的である。 ・ 必要に応じ、段階を作業の内容にまで踏み込んでより細かく分割する。 例えば、運転操作も、自動運転時、手動運転時等に分けた方がより適切に危険源の同定ができる。
3	対象とした特定のライフサイクル段階で、№1 で洗い出した以外にもその段階特有の危険源が見落とされていないか、改めて見直す。	・ 手法は№.１と同様であるが、そのライフサイクル段階特有の機械設備の状況や動作、周囲との相互関係などを十分に見極める。 ・ 特に解体・廃棄段階などは、かなり特殊な状況ではあるが、そこには必ず人による作業が発生するから、どのような事象が生じるか十分に予測する必要がある。

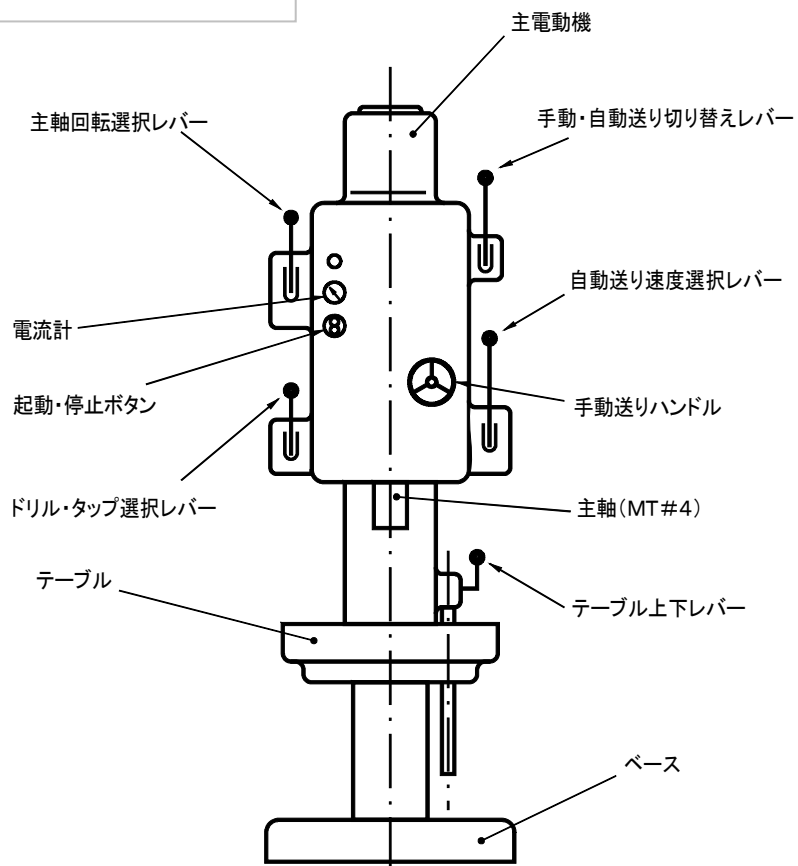
No.	危険源の同定のステップ	具体的な方法
4	№2 でリスクアセスメントを実施することとした段階での作業者や、そのほか機械設備に近づく人々及び作業の種類・分類を明確にする。	・ 手順１で明らかにした「機械設備の使用状況」から、当該リスクアセスメントの段階に相当するものを抽出する。例えば、通常の生産段階において、機械設備に近づく人々とは、手順１の「使用状況」を踏まえて、個々の機械作業者、保全作業者、原材料運搬作業者や周囲にある別の機械設備の作業者等であると考えられるが、このほかに、その現場を訪れる技術スタッフ、見学者等も機械設備に近づく可能性があれば考慮する。 ・ また、通常の生産段階においては、やはり抽出した「使用状況」を詳しく検討し、機械設備操作に直接関わる作業のほかに、切り粉の除去といった付随的な作業が発生するであろうこと、さらに見学者が機械設備に接近したときに起こる可能性のある行動なども考慮しておく。
5	対象とする段階における機械設備に近づく人と作業の種類などを基にして、それぞれ、標準的な作業フロー、行動パターンを想定する。	・ ここで標準的な作業フローとは、機械設備製造者の同種の機械の取扱説明書に基づいて作成した作業フローに基づくものをいう。 ・ この想定をするに当たり、可能であれば機械設備の使用者から実際の作業方法の情報を入手できればより適切なものができる。 ・ 作業フローは可能な限り詳細に想定する。 ・ 作業者以外の行動パターンについても、できるだけ現実に即して想定する必要がある。 例えば､機械作業者による機械加工作業を ①未加工ワークを機械に供給する ②そのワークを機械の定位置に装着する ③装着したワークを工具などで機械に固定する ④機械の可動ガードを閉じる ⑤起動ボタンを押し機械を起動する 等々、作業を細かく作業分解してフロー化する。

No.	危険源の同定のステップ	具体的な方法
6	標準的に行う作業以外に合理的に予見される機械設備の誤使用又は機械設備やソフトウェアの機能不良に伴う人の行動を想定する。 表４、表５にあるような誤使用及び機能不良に伴う人の行動について、関係者によるブレーンストーミング等の手法により詳細に洗い出す。 例えば、誤使用としては、機械加工中に、切り粉を素手で払う等である。	・手順１で明らかにした「合理的に予見される誤使用、機能不良に伴う人の行動」をもとに、対象とするライフサイクル段階での人の行動を具体的に予測する。
7	想定した各々の作業フロー等において危害の発生可能性がある危険源を洗い出し、人との関わり合いでどのような危険状態になるかを推定する。 このNo.７が、手順２の最も重要な部分である。 付録の表９をもとに検討したNo.１からNo.３の「危険源」と、手順１をもとに検討したNo.４からNo.6 の「人の行動」を組み合わせてどんな危険状態が発生するかを検討する。	・該当する作業の内容を知っている人、安全衛生管理部門の者等、複数の者の知識経験を引き出し、的確に危険源を洗い出してそれに伴う具体的な危険状態を推定する。 ・危害の可能性のあるすべての危険源・危険状態についてこの洗い出しを実施するが、危害の可能性について迷った場合は切り捨てず、曖昧でもよいので必ず洗い出しておく。 ・１つの危険源から複数の危険状態が発生する場合（機械的危害と電気的危害が共に発生する等）、１つの機械設備を複数の作業者で作業する場合等については、特に注意して漏れのない洗い出しをする。 １つの作業に、たくさんの危険状態が出る場合がよくある。１作業１危険状態とは限らないことに留意する必要がある。
8	洗い出した危険源・危険状態をリストアップする。	・リストアップするための帳票記入例を付録の表１１に載せてあるので参照いただきたい。 ・この付録の表１１の左端から「危険源の同定」欄までをこの手順２で記入する。 危険源と危険状態を個々に明確にすることが難しい場合には、多少曖昧であっても差し支えない。全体で危険の内容が分かるようにすればよい。

参考:表11　危険源の同定　　直立ボール盤でのすべての危険源の洗い出し例(一部)

危険源 No.	危険源の内容	ライフサイクル段階
1. 機械的　1.1 押しつぶし	ボール盤本体の転倒	設置時、解体時
1. 機械的　1.2 せん断	(なし)	
1. 機械的　1.3 切傷又は切断	チャックに取り付け停止しているドリル	使用時
1. 機械的　1.3 切傷又は切断	テーブルのエッジ部	使用時
1. 機械的　1.3 切傷又は切断	セット冶具等に詰まった切り粉	清掃時
1. 機械的　1.3 切傷又は切断	予期しない起動	使用時
1. 機械的　1.4 巻き込み	作動中のボール盤本体の転倒	使用時
1. 機械的　1.4 巻き込み	回転しているドリル	使用時
1. 機械的　1.4 巻き込み	ドリル脱着の際の予期しない起動	使用時
1. 機械的　1.5 引き込み又は捕捉	(なし)	
1. 機械的　1.6 衝撃	ワークのセット不備による落下／飛散	使用時
1. 機械的　1.7 突き刺し又は突き通し	回転しているドリルによる突き刺し	使用時
1. 機械的　1.7 突き刺し又は突き通し	切り粉の飛散	使用時
1. 機械的　1.8 こすれ又は擦りむき	(なし)	
1. 機械的　1.9 高圧流体の注入又は噴出	(なし)	
2. 電気的 2.1 充電部に人が接触	電動機、スイッチ、端子箱の充電部	試運転時 保全時
2. 電気的 2.2 不具合状況下で間接接触	起動スイッチ及び配線の漏電	使用時 保全時
(途中省略)		
3. 熱的 3.1 極度の高温物体に人が接触	加工直後のドリルの刃や切り粉	使用時
(途中省略)		
4. 騒音 4.1 聴力喪失、そのほかの生理的不調	電動機及び駆動系の騒音	使用時 保全時
(途中省略)		
8. 人間工学原則の無視 8.1 不自然な姿勢又は過剰努力	低い起動スイッチの操作位置	使用時
(以下省略)		

参考

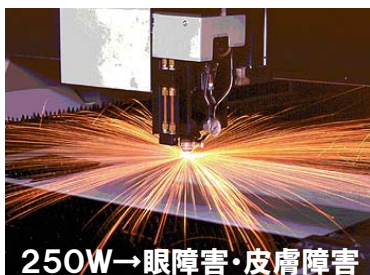
リスクアセスメントの対象機械例

3-3　リスクの見積り（手順３）

同定された各々の危険源・危険状態に対して一つずつリスクを見積る。リスクの見積りは、対象となる機械設備のエンジニアグループ（機械設備設計者、制御設計者など）とリスクアセスメントの専門家（安全管理部門）とのチームによって実施されることが望まれる。加えて、その機械設備を製造する製造部門、その機械設備を顧客がどのように使うのかをよく理解している営業技術部門、さらに購買部門、品質保証部門等が参加することが望ましい。

規格では

代表的なひどさの範囲のリスクを見積もり、最も高いリスクを示すものを使用することが有益である。
一般的に危険源のエネルギーが低ければ低いほど、関連する潜在的危害のひどさも低くなる。潜在的危害のひどさは、暴露される身体部位に関連する可能性がある。例えば、押しつぶしの怪我を生じ得る危険源は、全身又は頭が暴露される場合、一般的に致命的である。

エネルギーの大小と「危害のひどさ」の相関事例

＜レーザーの場合＞

同じレーザーでも、炭酸ガスレーザー出力250Wのエネルギーでは金属加工が可能であり、人的危害のひどさも「重傷」が想定される。

レーザーポインターは出力が1mW程度であり、人体に対して安全な設計になっているため、危害のひどさはほぼゼロに等しい。

図 16:危害のひどさ

3-3-1　具体的な実施方法

リスク見積もりを行う際には、いくつかのツールが利用可能であるので、代表的なものを次に示す。（ISO/TR 14121-2:2007 に具体例がある。ＪＩＳ化は未実施 ）

(1) マトリックス法

(2) 加算法

(3) リスクグラフ法（日本機械工業連合会のガイドラインより）

なおここで示したツールや各パラメータの程度の基準は一例である。

どのツールを利用するか、またツール内の各パラメータの程度の基準は、業界の動向などを参考に、あくまでも自社の責任で定める必要がある。まず基準を明確にして作業を行い、基準の見直しの必要が生じたら、そこで改定し使いやすいものにしていく。すなわちＰ－Ｄ－Ｃ－Ａを回すことになる。

(1) マトリクス法による進め方

リスクを、2 つのリスク要素、「危害のひどさ」と「危害が起こる可能性」の組み合せとして見積る。

リスク要素の「危害が起こる可能性」は、

①人が危険源へさらされる頻度（時間）

②危険事象の発生確率

③危害の回避の可能性

という3つの要因を総合的に判断して見積るが、要因ごとのリスク要素への影響度については必ずしも一定ではなく、事象に応じて適切にその寄与度を判断する必要がある。つまり、①～③のうち、どれが一番危害の起こる可能性に関係するか判断し、それを重視することになる。**表１２**にその見積りのステップを示す。また、リスク要素の推定からそれを組み合わせたリスク見積りの進め方を**表１３**から**表１７－２**に示す。

なお、「危害のひどさ」、「危害にさらされる頻度」及び「危害回避の可能性」でマトリクス表を作成する方法もある(**表17-2**)。

表12：リスクの見積りのステップ

N	リスクの見積りのステップ	具体的な方法
1	危害のひどさを推定する。 例えば、直立ボール盤(60 ページの図)で、回転するドリルにより手を突き刺すという危険状態であったとすると、それによりどの程度のひどさの突き刺し災害が起こる可能性があるかを推定し、表１４のＳ１～Ｓ４の４段階のうち、例えば、Ｓ２に分類する。	・手順２で同定された危険源・危険状態について、それにより発生する可能性のある危害のひどさを推定する。 危害のひどさ（Ｓ）は、表１４で示すＳ１～　Ｓ４の４段階のいずれかに分類する。 このとき、通常想定される範囲で最悪の状況を想定する。
2	危害が起こる可能性を推定する。 上記の直立ボール盤で、作業中にドリルにより手を突き刺す危害が起こる可能性を推定し、表１６のＫ１～Ｋ４の４段階のうち、例えば、Ｋ１に分類す	・手順２で同定された危険源・危険状態について、それにより危害が起こる可能性を推定する。 危害が起こる可能性（Ｋ）は、 ①危険源・危険状態に人がさらされる頻度と持続時間 ②危険事象の発生確率 ③危害が起こりそうになったときに危害を回避できるかどうか を総合的に考慮して推定する。 危害が起こる可能性（Ｋ）は、表１６で示すＫ１～Ｋ４の４段階のいずれかに分類する。 この各段階の程度の意味づけとして、表１６では「まれ」とか「頻繁」などを程度の表記としてあるが、リスクアセスメント対象が決まれば、目安の例のように、より具体的な意味づけができる。
3	リスクレベルを決定する。 この例では、分類された（Ｓ２）（Ｋ１）をリスクの見積りマトリクス表へあてはめ、表１７のリスクレベルⅠ～ⅤのうちレベルⅡであると決定する。	・上記、№１で推定した（Ｓ）及び№２で推定した（Ｋ）の各リスク要素の結果を、リスクの見積りマトリクス表（表１７）にあてはめ、リスクレベルを決定する。

表１２の№１、危害のひどさ（Ｓ）の推定では、表１３，Ｎを考慮して見積る。
表１２の№２、危害が起こる可能性（Ｋ）の推定では、表１５，Ｐを総合的に考慮し推定する。

表13： リスク要素：危害のひどさの考慮事項

リスク要素	考慮事項	
危害のひどさ (危害の重大性)	傷害か、健康障害か そのひどさ・程度、治ゆまでの期間、後遺障害の有無など	軽い 重い 死亡又は回復不能
	危害の範囲	（１人だけ） （複数に及ぶ）

表14： 危害のひどさ（S）（マトリクス法）

危害のひどさ（S）	危害のひどさの程度　（　）内は目安の例
S１	微傷　（不休業災害に至らない災害）
S２	軽傷　（不休業災害）
S３	重傷　（休業、後遺障害８～１４級）
S４	重大　（死亡・後遺障害１～７級や、３人以上の死傷）

表15： リスク要素：危害が起こる可能性の考慮事項

リスク要素	考慮事項	
危害が起こる可能性	人が危険源にさらされる頻度と持続時間	・危険区域への接近の必要性： 　運転中や保守作業時等の作業内容 ・接近の方法： 　加工機械への材料の手動による挿入など ・危険区域内に滞在する時間 ・接近者の数 ・接近の頻度
	危険事象の発生確率	・信頼性等のデータ 　機械設備本体、制御装置、構成部品等 ・災害履歴 ・健康障害の履歴 ・類似機械設備とのリスク比較
	危害を回避又は制限できる可能性	・運転者等の特性：熟練、未熟練、知識なし ・危険事象の発生速度： 　地震のように予測できず不意に発生 　爆発火災のように高速で発生 　不完全燃焼による一酸化炭素濃度の増加のように緩慢に発生 ・リスク認識：一般情報、直接観察、危険表示 ・回避の人的可能性：可能、条件付き可能、不可能 ・運転体験と知識：同一機械設備、類似機械設備、未経験

表16： 危害が起こる可能性（K）（マトリクス法）

危害が起こる可能性（Ｋ）	発生可能性の程度　（　）内は目安の例
Ｋ１	まれ　（数年に１回程度かそれ以下）
Ｋ２	たま　（１年に１回程度）
Ｋ３	時々　（２月に１回程度）
Ｋ４	頻繁　（１週に１回以上）

表17： リスクの見積もりマトリクス表（Ⅰ～Ⅴがリスクレベル）
（5段階にリスクレベルを分けた例）

		危害が起こる可能性			
		まれ（Ｋ１）	たま（Ｋ２）	時々（Ｋ３）	頻繁（Ｋ４）
危害のひどさ	微傷　（Ｓ１）	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ
	軽傷　（Ｓ２）	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ
	重傷　（Ｓ３）	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ
	重大　（Ｓ４）	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ

表17-1： リスクレベルの判断基準

リスクレベル（Ｒ）	判断
Ⅴ	極めて重大なリスク
Ⅳ	重大なリスク
Ⅲ	中程度のリスク
Ⅱ	軽微なリスク
Ⅰ	些細なリスク

※リスクレベルの内容については、次項３－４（リスクの評価（手順４））で説明する。

なお、「危害のひどさ」、「危害にさらされる頻度」及び「危害回避の可能性」でマトリクス表を作成する方法もある(**表17−2**)。

表17−2： リスク要素が3つのマトリクス表（Ⅰ～Ⅴがリスクレベル）

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="4">危害の可能性</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>ほとんどない</td><td>低い</td><td>ある</td><td>高い</td></tr>
<tr><td></td><td>さらされる頻度</td><td colspan="2">Ｆ１（まれ）</td><td colspan="2">Ｆ２（頻繁）</td></tr>
<tr><td></td><td>危害回避の可能性</td><td>Ｐ１(高い)</td><td>Ｐ２(低い)</td><td>Ｐ１(高い)</td><td>Ｐ２(低い)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">危害のひどさ</td><td>微傷　（Ｓ１）</td><td>Ⅰ</td><td>Ⅱ</td><td>Ⅱ</td><td>Ⅲ</td></tr>
<tr><td>軽傷　（Ｓ２）</td><td>Ⅱ</td><td>Ⅱ</td><td>Ⅲ</td><td>Ⅳ</td></tr>
<tr><td>重傷　（Ｓ３）</td><td>Ⅲ</td><td>Ⅲ</td><td>Ⅳ</td><td>Ⅴ</td></tr>
<tr><td>重大　（Ｓ４）</td><td>Ⅲ</td><td>Ⅳ</td><td>Ⅴ</td><td>Ⅴ</td></tr>
</table>

※　リスクレベルの内容については、次項３－４（リスクの評価（手順４））で説明する。

(2) 加算法による進め方

加算法では、リスクを3つ程度のリスク要素の組み合わせとし、それぞれのリスク要素を数段階に分けた上で各段階に重み付けをした数値を割り当て、それらを加算することによりリスクレベルを決める。

ここで紹介する例は、「危害のひどさ」、「危険源にさらされる頻度」及び「危害発生に至る可能性」の3つリスク要素に分けたものである。なお、マトリクス法では、発生可能性を1つの要素としてとらえていたのに対し、ここで紹介する加算方法では、さらに「危険源にさらされる頻度」と「危害発生に至る可能性」の2つに分けている。

見積りは、マトリクス法と同じようにまず各リスクレベルそれぞれを推定し、次に、それぞれのリスク要素の推定結果からリスクレベルを決定していくというステップをとる。リスク要素の推定において数値を割り当てていくのが、この方法の特徴である。

まず危害のひどさ(S)については、表18により推定する。その際、表13に挙げた事項を考慮するとよい。

危険源にさらされる頻度(Ｆ)を表１９により推定する。

危険回避の可能性（Ｑ）を表２０により推定する。

表18： 危害のひどさ(S)(加算法)

点数	危害のひどさの程度　（　）内は目安の例
１０	重大（死亡、後遺障害１～７級、重大災害）
6	重傷　（休業災害、後遺障害８～１４級）
3	軽傷　（不休業災害）
1	軽微　（不休業災害にも至らない災害）

表19： 危険源にさらされる頻度(F)(加算法)

点数	危険源にさらされる頻度（F）の程度 （　）内は目安の例
4	頻繁（１日に１回程度かそれ以上）
2	時々（１週間に１回程度）
1	まれ（半年に１回程度かそれ以下）

表20： 危害回避の可能性(Q)(加算法)

点数	危害回避可能性（Q）の程度　（　）内は目安の例
6	ほとんどない　（危険の検知／回避は無理）
4	可能性がある　（よほど注意しないと危害が発生）
2	可能性が高い　（注意していれば検知可能／回避可能）
1	確実　（危険は容易に検知／回避可能）

危害回避の可能性（Q）は、危険源にさらされたとしたら、その危険源による危害発生を、回避できる可能性がどれほどかという観点から見積る。回避可能性が高ければ危害発生の可能性は低くなり、低い点数となる。逆に回避が難しいほど高い点数になる。

リスクレベルは次の式により算出し、表２１によりレベル分けを行う。

リスクレベル（R）＝「危害のひどさ」（S）＋「危険源にさらされる頻度」（F）
＋「危害回避の可能性」（Q）

表21： 加算法によるリスクのレベル分け

リスクレベル（R）	加算値（S+F+Q）	判　断
Ⅳ	１２～２０	極めて重大なリスク
Ⅲ	８～１１	重大な問題があるリスク
Ⅱ	５～７	多少の問題があるリスク
Ⅰ	３～４	些細なリスク

(3)リスクグラフ法による進め方（日本機械工業連合会のガイドラインより）

このツールは、ISO/TR 14121-2:2007、ISO13849-1：2006 及び JIS B 9705-1:2000 に示されているものをベースに、機械設備製造者が機械系と制御系のリスクアセスメントを実施する場合に使えるように工夫したものである。(表２２参照)

人に危害をもたらすと仮定した場合、危害の程度として軽度（Ｓ１）ですむものなのか、重度（Ｓ２）なものかを見積る。次いで、危険事象の発生頻度が、稀か否か（Ｆ１かＦ２）を見積る。さらに危害を回避できるか否か（Ａ１かＡ２）を見積る。最後に危険事象の発生確率（Ｏ）を見積る。

例えば、Ｓ２→Ｆ２→Ａ１→Ｏ１の場合は、リスクレベルが３となりリスク低減方策の実施が必要となる。ここに制御システムによるリスク低減方策を実施する場合は、ＰＬ「ｄ」を満足する手段を講じる必要がある。ＰＬｒとＰＬに関する詳細は、ISO13849-1：2006 を参照のこと。

表２２：リスクグラフ法

ISO14121/ISO13849-1 リスクパラメータ			危険事象の発生確率 O ＊RI(ﾘｽｸｲﾝﾃﾞｯｸｽ)=1～6			対策を講じる優先順位	ISO 13849-1 :2006	
危害の程度	暴露頻度	回避の可能性	O1	O2	O3		PLr/PL	
S1 軽度	F1 稀	A1 可	1	1	2	優先順位 3	a	リスク低
		A2 不可	1	1	2		b	
	F2 頻繁	A1 可	1	1	2		b	
		A2 不可	1	1	2		c	
S2 重度	F1 稀	A1 可	2	2	3	優先順位 2	c	
		A2 不可	2	3	4		d	
	F2 頻繁	A1 可	3	4	5	優先順位 1	d	
		A2 不可	4	5	6		e	リスク高

危害の程度 S	S1	軽微な障害(通常は回復可能)、例えば、こすり傷、裂傷、挫傷、応急処置を要する軽い傷
	S2	深刻な障害(通常は回復不可能。致命傷を含む)、例えば、肢の粉砕又は引き裂かれる若しくは押しつぶされる、骨折、縫合を必要とする深刻な障害、筋骨格障害(MST)、致命傷
暴露頻度 F	F1	作業シフトあたり 1 回以下又は 15 分以下の暴露
	F2	作業シフトあたり 2 回以上又は 15 分超の暴露
	＊暴露頻度については、主に「機械的危険源」を対象としている	
危険事象の 発生確率 O	O1	安全分野で証明され、承認されている成熟した技術(ISO13849-2:2003 参照)
	O2	過去 2 年間で技術的故障が発見されている －－リスクに気づき、また作業場で6ヶ月以上の経験を持つ十分に訓練を受けた人による不適切な人の挙動
	O3	定期的に見られる技術的な故障 －－作業場で6ヵ月以下の経験を持つ十分に訓練を受けていない人による不適切な人の挙動 －－過去 10 年間に工場で見られた類似の事故
回避の可能性 A	A1	いくつかの条件下で可能 －－可動部分が 0.25m/s 以下の速度で動く場合、及び被暴露者がリスクに気づいており、また危険状態又は危険事象が迫っていることを認識している。 －－特定の条件による。(温度、騒音、人間工学等)
	A2	不可能

3-3-2　リスクの見積りにおける留意事項

リスクの見積り時の留意事項として、次のことが挙げられる。

①リスクの見積りの際、対象の機械設備と類似する機械設備又は機構部による災害が過去になかった、又は少なかったことを挙げて、それをそのまま発生頻度が低いと見なしてはならない。(たまたま発生しなかっただけかも知れない。)

②構成する部品の故障、停電の影響についても考慮する。これらのものが、破損、故障、急に停止した場合どうなるか、という観点で考える。

③設備の機能は正しく維持されるかについても考慮する。

作業性を良くするため、現場で勝手に機械設備の機能(特に労働安全に直接関わ

る部分）を変更できるような構造か。

④次のヒューマンファクターについても考慮する。これらも、危害の発生、危害のひどさの程度に影響を与えるものである。

ａ．機械系と人間特性との適合性（速度、操作量、操作方向など）

ｂ．人と人との連携、意志及び情報の伝達（視覚的な伝達の優位性）

ｃ．心理学的側面

ｄ．人間工学的影響：例えば姿勢、作業妨害物、繰り返し動作の頻度

ｅ．リスクの認識能力（訓練、経験、能力に依存する）

リスクの見積りの最終ステップで、リスクの見積り結果に基づきリスクの大きさの指標であるリスクレベルを決定する。この指標が、保護方策を実施する際に重要な役割を果たす。

3-4　リスクの評価（手順４）

リスク分析の最終作業として、リスクの見積りの結果（リスクレベルがⅠ～Ⅴのいずれか）についてリスクの評価を実施する。この手順４では、適切に低減されたレベルのリスクが達成されているかどうか、又はリスク低減策が必要かどうかの切り分けを行うことになる。

リスク低減策を必要とする場合は、第４章の手順５－１から手順５－４により保護方策を立案しそれを適用したことを想定して、第５章の手順６のリスクの再評価を実施して適切なレベルのリスクが達成されたかどうか確認する。また、保護方策を導入したことに伴う新たな危険源が生じていないかについても手順６でチェックし、もし新たな危険源が生じている場合は、その危険源の同定から、再度リスクアセスメントの手順を反復することになる。

初回のリスクの評価では、未だ保護方策を適用していない段階で行うことから、ここでは単に、リスクレベルがⅠかそれ以外かを見極めるだけにする。リスクレベルⅠなら、適切であり、新たに保護方策を施す必要はない。その程度の危険源・危険状態は従来から行われている安全管理の範疇で対応できるはずである。またリスクレベルⅡ以上の場合には、それぞれレベルに応じた保護方策を講じる必要がある（図１７）。

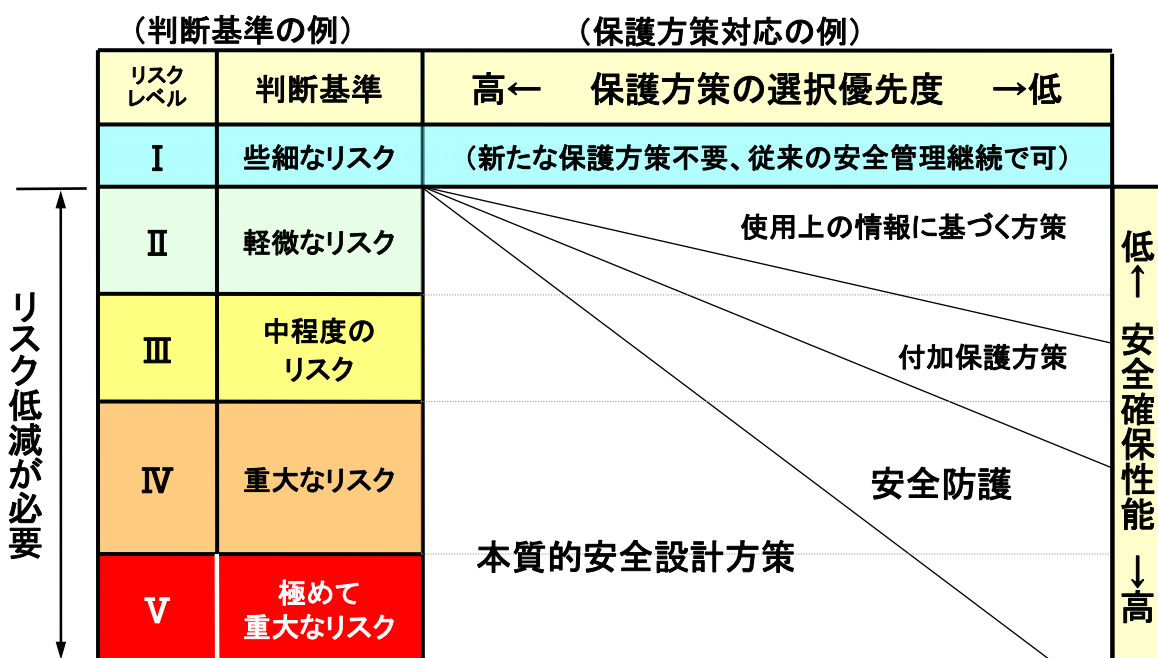



図17　リスクレベルの判断基準の例

実際には、その機械設備にたくさんあるリスクを個々に見積って、それぞれリスクレベルⅠかそれ以外かに分類する。リスクレベルⅠ以外のすべてのリスクについては、続いて実施する手順5でそれぞれ具体的な保護方策を考える。なお、保護方策については第4章で紹介するので、ここでは、手順5－1から手順5－3の設備的な保護方策と、手順5－4の人の行動にのみ頼る保護方策（使用上の情報の提供）の2つに大別できることだけを紹介しておく。

この手順5－4の「使用上の情報の提供」については、「適切なレベルに低減されたリスク」との関係があるので、ここで若干説明する。

「使用上の情報の提供」とは、手順5－1～3では対処できなかったリスク（残留リスクという）について、それがどのような内容のリスクであるかを明確にした上、例えば保護具の使用によって安全が確保できる、などの情報を機械設備使用者に通知、警告することをいう。機械設備製造者はこれを機械設備の納入時期に合わせ（実際にはリードタイムをとる必要がある）、取扱説明書などの書類、警告ラベル等の形で提供する。

さて、初回のリスクアセスメント及び保護方策の実施（策定）のあと、手順6「リスクの再見積もり」（第5章で紹介）において、策定した保護方策が適切にリスクを低減させることができるか確認する。この再見積りのアウトプットも、リスクレベル値でⅠ～Ⅴのいずれかになる。初回のリスクの評価では、リスクレベルⅠのみを適切レベルのリスクとしたが、再見積り後はリスクレベルⅠ、Ⅱまでを適切レベルと評価する。

このとき、先に触れた機械設備に施す保護方策のみでリスクレベルⅡ以下にできれば問題はないが、人の行動にのみ頼る保護方策、すなわち「使用上の情報の提供」を適用してリスクレベルⅡ以下にすることができる場合は注意が必要である。つまりこの方策は人の行動に頼っているわけであるから、機械設備製造者から安全確保のための情報として提供された事項（例えば保護具の使用）を守らずに機械設備を使ったのではリスクは低減されない。

このようなわけで、保護方策に「使用上の情報」が入っている場合には、この情報で提供された事項をきちんと守るという条件でリスクの低減がなされる。すなわち適切に低減されたレベルになると見なす。これを、「条件付き適切レベル」と呼ぶ。

したがって、機械設備製造者としては「使用上の情報の提供」により、条件付きで「適切に低減されたリスク」を達成したことになり、保護方策の適用はここまでとなる。この場合機械設備製造者は、機械設備使用者へ残留リスク対策として守らせる手段に関する具体的な情報を「使用上の情報」によって明確に提供する必要がある。

まとめ：

初回のリスク評価：　リスクレベルⅠ　　　　　適切に低減されたレベル
　　　　　　　　　　リスクレベルⅡ以上　　適切に低減できていない

リスクの再評価：　　リスクレベルⅠ、Ⅱ　　　適切に低減されたレベル
　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　ただし、保護方策に「使用上の情報」を使っている場合は、条件付き適切レベル
　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（「使用上の情報」を守ることが前提）
　　　　　　　　　　リスクレベルⅢ以上　　適切に低減できていない

Ⅲ以上のリスクが残った場合は、機械の制限仕様の指定を変更するなど、根本に立ち帰って検討し直さなければならない。

3-5　実施内容の文書化（手順７）

3-5-1　文書化

リスクアセスメントを実施した手順と達成した結果を文書化する。対象とするのは保護方策を含めた手順１から手順６までのすべてである。文書化の主たる意義は、安全証明を必要とする場合、論理的に機械設備の安全を証明する裏付けとするところにある。

ただ、現在のところ決まった書式はない。必要な事項を漏らさず、参照しやすいように書けばよいのである。

文書化する目的を整理して示すと次のとおりである。

① 機械設備使用者や、公的機関などから機械設備の安全性をどのように確保しているかを要求されたときに提示することができるようにするため。
リスクアセスメントを正しく実施し、安全な機械設備であるという事実を第三者に証明する場合に必要な裏付けを残すため。

② 機械設備自体への対策でリスク低減できなかった残留リスクを明確にし、使用者へ使用上の情報として的確に伝え、警告するため。

③ 機械設備の改修･改造を実施するときのため、又は今後行う機械設備のリスクアセスメントを実施する際の参考にするなど、組織としてノウハウを蓄積するため。

3-5-2　具体的な実施方法

文書に記録する項目は、少なくとも機械包括安全指針の別表５に「使用上の情報の内容」として掲げられている事項を漏らさないようにする。以下に参考例を挙げるが、リスクアセスメントを実施するときに使う帳票に以下の項目を挙げておけば、リスクアセスメントの実施内容を記入して残すことが、そのまま文書化になる。

そのほか、機械設備の図面、仕様書等の書類については、別紙で添付する。

【文書に記録する項目の参考例】

（１）リスクアセスメント実施日（期間)、実施責任者、実施担当者

（２）機械設備の名称、型式（機械設備を特定できるもの)

（３）機械設備の機能及び構造上の特徴

ａ）機械設備の機能仕様

ｂ）機械設備に対する安全性要求仕様

ｃ）機械設備の設計仕様（想定した負荷、強度、安全係数などを含む）
ｄ）取扱説明書に記載されている機械設備の使用方法
ｅ）合理的に予見可能な誤使用
ｆ）機械設備のライフサイクル段階

（４）機械の制限仕様の指定と危険源の同定結果
ａ）機械の制限仕様（人的な面）
ｂ）機械の制限仕様（設備的な面）
ｃ）同定した危険源、リスク

（５）リスクの見積りとリスクの評価結果（リスクの再見積り・再評価結果も含める）
ａ）リスクの見積りの結果
ｂ）リスクの評価の結果
ｃ）判断の根拠に使用した基準類、規格類、データ、データソース（類似機械設備で実績のある保護方策を含む）
ｄ）使用したデータの信頼性を保証するもの

（６）採用した保護方策（リスク低減対策）
ａ）同定した危険源に対して実施したリスクの除去又は低減方策の詳細
ｂ）残留リスクの内容（使用上の情報）と、その使用者（機械作業者等）への周知内容及び方法

（７）最終判定
ａ）適切に低減されたレベルか否かの最終的な判定結果

第４章　リスク評価に基づく保護方策の立案（手順５）

4-1　保護方策（手順５）

保護方策を考える前に、大前提として認識しておくべきことがある。それは、

①人はミスをする

②機械は故障する

③絶対安全は存在しない

である。このことを考慮せずに保護方策を実施しても、ミスや故障が影響してそれが常に思ったとおりに機能するとは限らない。「人が物を扱うときや人が何らかの行動をとるときにミスは付きものだ」「間違いなく動くと思った機械設備もときには作動不良を起こすものだ」ということをきちんと認め、それを前提にして方策の作り込みをしなければならない。すなわち、人に任せる方策ならヒューマンファクターを十分考慮してミスをなるべく誘発しない形態にすること、機械設備に任せる方策なら故障したときには安全側（人に危害を及ぼさない側）に故障する構成にする必要がある。ミスや故障が起こることを前提にした保護方策を考えれば、“絶対安全”は実現できなくとも、この“絶対安全”に限りなく近づくことができるはずである。

保護方策には大別して４つの種類があるが、次ページの「図８　機械の製造等を行う者によるリスクアセスメント及びリスクの低減の手順」（第３章の図８を再録）に示したフローでは、この４つをステップ１～３にまとめてある。これがＪＩＳやＩＳＯ規格に示されている「３－ステップメソッド」である。しかしながら、このうち２番目のステップに含まれる「安全防護」と「付加保護方策」は安全確保の性能面で両者間に大きな隔たりがある。本来は「安全防護」を適用し、だめ押し的に「付加保護方策」を追加するべきなのであるが、ともすると２種類の方策のどちらかを適用すれば良いのではないかといった誤った考えが出てくる恐れがある。安全確保レベルの異なる方策は明確に分けて考えるべきだという考え方から、本書では４段階で行う保護方策として解説する。

図８　機械の製造等を行う者によるリスクアセスメント及びリスクの低減の手順（第Ⅲ章の図８を再録）

4-1-1　４つの保護方策の優先順位

リスクアセスメントを実施した結果、「適切レベルに低減されていない（達していない)」とされたリスクについては、次に示す４種類の方策を順次適用してリスクを低減することになる。このとき、できる限り順位の高い方策で対処することが肝要である。すなわち上位に挙げた方策ほど安全確保の性能が高いのである。

リスク低減のための４種類の保護方策とその実施優先順位：

順位１　本質的安全設計方策

　　２　安全防護

　　３　付加保護方策

　　４　使用上の情報（残留リスク情報）の提供

順位１の「本質的安全設計方策」は制御手段と非制御手段による方策に分類できる。制御手段による方策とは、制御システムで故障、不具合を生じないように意図する機能を実行し、人に危害を生じる機械の危険な動きを防止する対策や、故障しても故障に対する抵抗性を高めることにより、安全性を確保する方策などが挙げられる。また非制御手段による方策としては、危険な箇所を無くす方法やオペレーターの精神的、肉体的疲労などを低減する人間工学原則を適用する方法である。

「本質的安全設計方策」は、設計レベルでリスクの除去又は低減を考えるものであり、一般には最も確実な安全確保ができるので、何を置いてもまずこれから検討する必要がある。機械設備製造者なら、作動機構を考え直すなど様々な手段で対応できるはずであるし、設計図面の段階で対応できれば、実機完成後の手戻りよりはコスト的にも時間的にもはるかに有利であると言える。

リスク要素のうち、「けがのひどさ」を人の行動に頼らず低減できる方策はこれ以外にはない、と考えてよい。

本質的安全設計とは「機械固有のリスクを最小にすること」の意で、安全防護装置も機械であるので、「本質安全防爆」「非対称故障特性（Fail safe)」「再起動防止制御」などの安全防護装置の設計にも本質的安全設計は適用される。

順位２の「安全防護」は、一般的に機械設備の外側に後付けするかたちになるので最も実行しやすく、かつ効果的な安全確保もできると考えられる。これには、カバー、柵、各種の電気・電子的な保護装置※が含まれる。機械設備へ後付けで行える方策である上、安全確保の性能としても高いものが多いので、機械設備製造者、機械設備使用者を問わず、保護方策実施の最も主要なものと位置付けられる。

※　保護装置：ＪＩＳの用語で、いわゆる安全装置のことを言う。ISO/IEC GUIDE51:1999

及びJISZ8051:2004（規格に安全に関する面を導入するためのガイドライン）では、「“安全”及び形容詞としての“安全な”という用語は、言外に有益ないかなる情報をも意味するわけではないので、使用を避けることが望ましい。これらの用語は、リスクがないことを保証していると誤解されやすいためである」としている。

順位３の方策は名前からもわかるように、順位１、２の方策に付加して安全機能を補うもので、これを主たる方策として使ってはならない。その定義は、「本質的安全設計方策」でも「安全防護」でもない技術的、工学的な方策となる。したがって残っているのは、例えば非常停止ボタンなど、人による何らかの操作を期待する保護方策などである。この方策は、次の順位４と同じく多くは人に頼る保護方策なので、安全性能は劣ると考えるべきである。

順位４の「使用上の情報（残留リスク情報）の提供」は、順位１から３の方策でできうる限りの対処をしたけれども、どうしてもリスクが残ってしまった（残留リスク）とき、すなわち万策尽きたときの最後の手段と考えるべきものである。なお、コストも掛からず、手軽に済むからといって、本来なら順位１から３の方策でできるはずのものをこの方策で代用してはならない。これが、この順位４を実施する上での大前提である。

機械設備製造者は、「できる限りの対策をしたが、このリスクが現在採用しうる技術的対策では処理できずに残ってしまった。そのため、このようなリスクが残っていることを明示する」というように、残留リスクがある場合には、それについての情報を機械設備使用者に提供する必要がある。

なお、機械設備製造者が実施する保護方策としてはここまで（情報提供まで）であり、機械設備使用者へ「ハザードマップを含めた残留リスクの詳細」を明確に伝える必要がある。

※ハザードマップ：絵や図面に危険源の位置、危険範囲等を示したもの。

4-1-2　各方策の安全性能

上記４種類の保護方策には安全性能の程度にかなりの差があるので、実施順位を付けて、より安全性能の高い方策から適用を考えることとする。以下に各保護方策の性能について述べる。

「本質的安全設計方策」と「安全防護」は、「人の行動に頼らない方策」が主なものである。例えばフール・プルーフという考え方が機械設備設計の際に盛り込まれることがある。この場合、機械設備使用者が誤った使い方をしても機械設備を損なうことがなく、また人への安全性も保たれるので、最も高度な手法と言える。

「本質的安全設計方策」では、機械設備自体の機構、動作や駆動エネルギーなどを設計的に見直すことで危険源をなくす又は低減することが主な内容となる。ごく単純には、機械設備のテーブルなどで辺や稜が鋭いと切傷の危険があるので設計変更で十分に面取りやRを取るようにしたといった例が挙げられる。この例の場合には、リスクの発生そのものが無くなってしまうので、これ以上、保護方策を考える必要がなくなる。また、危険源が完全に無くならなくても、設計的に機械設備自体のリスクを小さくすることができれば、けがの程度や災害の発生頻度が小さくなる。機械設備をフェールセーフになるように設計することも本質的安全設計方策の代表的な例と言える。フェールセーフ化すれば、機械設備は安全側に壊れるので災害を防げる。

「安全防護」では、機械設備の危険源そのもの（例えば挟まれ危険）を直接的に低減又はなくすことはできない。もし、ガードが外れたり、安全装置が故障したら、元々そこに存在している危険源に作業者等がさらされることになる。つまり、「安全防護」では、何らかの方策を立てても機械設備自体の危険源はそのままで変わることはない。この意味で「本質的安全設計方策」と「安全防護」を比べると、安全の性能は「本質的安全設計方策」よりも劣る。しかしながら、この「安全防護」も、正しく設置してあれば、人の行動によらず高い安全性が確保できる。例えば、危険源の手前に安全柵があれば、物理的に人はそこより機械設備に近づくことができない。また、光線式の安全装置は、人の意志に拘わらず人がその光線を遮った時点で自動的に機械設備を止める。このように、機械設備側で高い安全性が確保できるので以下に述べる「人に頼った保護方策」に比べ、格段の安全性能を持っている。

一方、**「付加保護方策」と「使用上の情報の提供」**は、安全確保を人の行動に委ねた方策といえる。人は必ず間違える。さらに緊急時に適切な行動が取れるとは限らないことは、しばしば見聞きする。したがって、これらの方策を主要な保護方策とすることは避けるべきである。

「付加保護方策」の主たる内容は、非常停止ボタンに代表される非常停止装置である。この非常停止ボタンは、機械設備に取り付けられているだけでは何の役にも立たない。災害の発生直前又は直後に、誰かがそれを押さなければ機械設備を停止させることができない。災害発生のずっと後になってから押しても役に立たないし、災害発生直前に押そうとしたけれど押し損なったという事態もあり得る。このように、タイミング良く押すことができるという前提の保護方策であるから、安全性能を発揮するのも人任せになってしまう。

「使用上の情報の提供」も、全く人（機械設備使用者）任せの保護方策である。提供された情報を元に、きちんと機械設備使用者側で機械設備使用部門のスタッフやオペレーターなどが対応してくれればよいが、そうでなければ保護方策としては何の意味も持たなくなる。

また、機械設備製造者側では、リスクの発生が考えられる部分の近くに「警告シール」を貼ったり、警報装置を付けたりすることもこの４つ目の方策でなすべき事になっているが、これら警告等を機械設備使用者（作業者）がきちんと認識してくれるか確約はない。「警告・警報」を知っていながら無視する（守らない）人もいるし、「警告」されていることを認識していても、その場になってつい忘れたとか、「警報」を聞き逃したとか、守れない可能性があることも現実的にはあることである。

4-2　リスクレベルと保護方策の対応

初回のリスクアセスメントを適切に実施することによって、同定したすべての危険状態に対するリスクレベルがそれぞれ定まる。第３章のリスクアセスメント手法の例では、危険状態がⅠからⅤのリスクレベルのいずれかに帰着する。そこで、その危険状態の持つリスクが適切に低減されたレベルか否かが判定できる。この第一回目の判定では、リスクレベルⅠ(些細なリスク)のみが適切となり、それ以外は不適切と見なされるので、何らかの方策が必要となる。

そこで次に行う手順として、リスクレベルがⅡ以上と見積られた危険源・危険状態に対して適切な保護方策を立て、最終的にそれを実施に移すことになる。

ここに、第３章３－４で既に示したリスクレベルの判断基準及び保護方策対応の例を再掲し、リスクレベルとの対応のポイントを確認しておく。

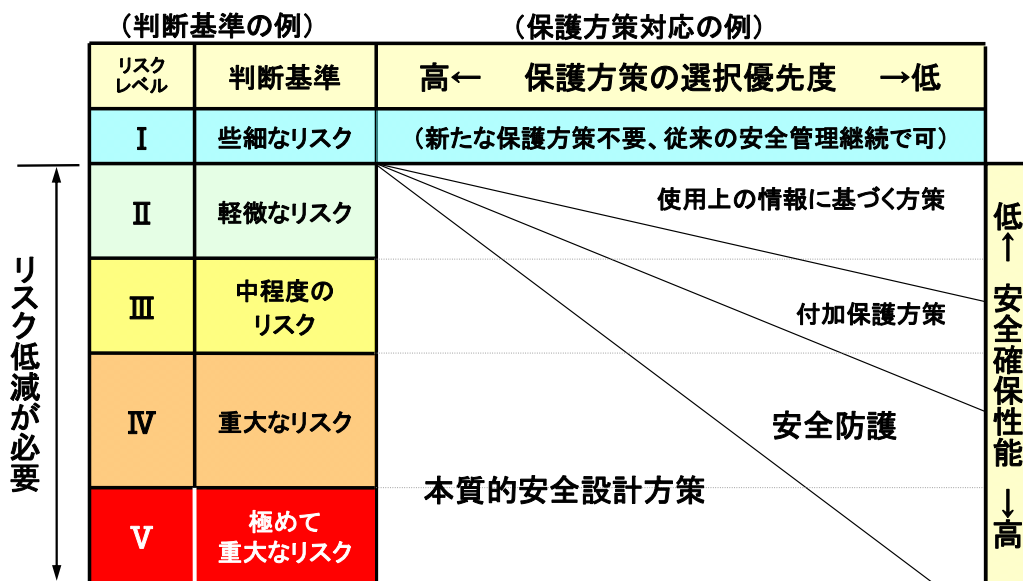



図17　リスクレベルの判断基準の例（5段階レベルの例）（第Ⅲ章　図17を再掲）

図１７のとおり、リスクレベルⅡ～Ⅴの「保護方策対応の例」欄は斜線で区切られている。同じリスクレベルに対して左側の方策から（「本質的安全設計方策」、「安全防護」、「付加保護方策」、「使用上の情報」の優先順位で）順次適用を検討することが大前提である。左側、つまり順位１の方策が最も高い優先順位を持っているのである。

現実には、例えば「安全防護」を適用するとして、リスクの大きさとそれに掛かるコスト等を天秤にかけて、著しく合理性を欠かないならばそれでよしとするが、「軽微なリスク」なのに「安全防護」で対応しようとすると極めて大きなコスト等を要する場合には、「付加保護方策」や「使用上の情報の提供」で対応することもあり得る。

また、同じ内容の「安全防護」を適用するにしても、「軽微なリスク」に対するものと「極めて重大なリスク」に対するものでは、やはりその安全性能（安全確保の確実性）に差が出ることはコスト、技術の面からも判断していくこととなる。別の言い方をすれば、リスクレベルが高いものには、例え同じ「本質的安全設計方策」を採用するにしても、より安全確保性能の高い（確実な）方策を立案することが必要だと言える。

4-3　本質的安全設計方策によるリスクの低減（手順５－１）

本質的安全設計方策には、次のようなものがある。

（1）非制御的な本質的安全設計

①危険源そのものをなくす

②危険源のエネルギーを人に傷害を与えない程度に低減する

③危険源への暴露をなくす。頻度、時間を低減する

④人間工学的な本質的安全設計その他

(2) 制御的な本質安全設計

⑤制御システムの本質的安全設計

これらを単独又は組み合わせて使うことによりリスク低減策を実施する。

4-3-1　危険源そのものをなくす／低減する手段

①　機構的に危険な部位をなくす

・機械構造で、人が接触する可能性のある部分から突出部、鋭利部を排除する
・可動部分と開口部の間隔を適切にして、押しつぶし、せん断を防止する
・ほかの作業者及び危険区域がオペレーターの死角にならないよう機械の形状を工夫する

②　エネルギーを小さくする

・機械設備の機能に必要かつ最小限の作動力（パワー）に制限する
・可動部の質量や速度を小さくする（特に速度を小さく）
・可能なら動力源にＡＣ１００Ｖ以上ではなく、ＤＣ２４Ｖなどの低電圧を使用する

③　構造計算、材料等の吟味など一般的設計技術・知識を活用する

・機械的応力を検討する
・使用材料に配慮する
・騒音や振動の発生、危険物、放射線の漏えいに配慮する

④　本質的に安全な技術や動力源を使用する

・爆発性雰囲気で使う制御機器やアクチュエーターを制限する
・操作用電源など人が触れる可能性が高いものは、ＤＣ２４Ｖなどの低圧を使用する

⑤　ヒューマンファクターを考慮した設計

・ストレスの大きな作業姿勢、動作を回避する
・過剰又は繰り返し動作を回避する
・作業区域の照明を適切に設定する
・手動の操作機器の要件を守る

⑥　制御システムの本質的安全設計

・機械設備の起動や加速のトリガ（きっかけ）は、電圧の印加により行い、停止や減速のトリガは、電圧の遮断によって行う

・動力を中断した後の再起動を防止する
・エネルギー供給の中断や大幅な変動でも危険な状態にならないようにする
・非対称故障モードの構成部品を使う
・重要な構成部品の二重化、冗長化をする
・段取り、教示、保全の各運転モードの安全要件を満たす（自動モードは無効）運転は、イネーブル装置 (注)、ホールド･ツゥ･ラン制御 (注)、両手制御装置 (注) による ・動作制限（減速、力の低下など）を行う

⑦　圧力機器の危険防止

・接続のゆるみなどで流体の噴出等の危険を生じさせない
・パイプ、ホースなどを外力から保護する
・機械設備側に、動力源を遮断した後の圧抜き装置を設ける

4-3-2　作業者が危険区域に入る必然性をなくす／低減する手段

①　設備の故障を減らし、作業者が危険源にさらされる機会を減らす

・機械設備の構成要素に信頼性の高い部品を使用し、機械設備自体の長期安定性を確保する ・機械設備の構成要素の不具合発生を予想し、構成品を冗長系（二重系など）にして組み込むことでその機能の持続を図り、設備故障を最小限にする

②　ワーク供給／取出作業の機械化、自動化で作業者が危険源にさらされないようにする

・自動供給／排出装置を機械設備に組み込む ・移載装置、ロボットハンド等の使用により、作業者に直接ワークを扱わせない

③　保全作業等をするときの作業ポジションについて配慮する

・作業が容易、かつ人間特性に則って作業できるように設計的に配慮する
・点検歩廊（足場)、階段、梯子、手すり等を適切に配置（再配置）して危険源へ暴露する可能性を減らす

④　機械設備の据え付け安定性を向上させる

・機械設備が転倒、構成部品が落下しないように設計的に配慮する

注記：

ａ．イネーブル装置

産業用ロボットの教示装置（ティーチングボックス、ティーチペンダント）な

ど、手持ちの手動操作装置の把持部分（側面や裏面など）に取り付ける押釦やレバーで、それを意図的に押さない限り、ボタン等による機械設備の運転操作をできないようにしたものである。

これは、意図しないボタンの押下による機械設備の誤動作を防ぐのが目的である。誤って教示装置を、ボタンを下にして取り落としたとき、テーブル等に置いた教示装置の上に何かが落ちたときなど、ボタンが押されてしまう可能性があるが、このときにイネーブル釦も同時に押されてしまう確率は極めて低いので安全が確保できる。

この押釦やレバーはティーチングボックスを手に持ったとき、自然に、かつ軽い力で押せる位置に取り付けておく。つまり、作業者に負担を掛けないようにして、この機能を使うことを作業者が嫌がらないようにしてあるのである。力を掛けないと押せないボタンでは、作業者がそのボタンをテーピングして常に押した状態にしてしまうなどの不正行為をする可能性がある。

ｂ．ホールド･ツゥ･ラン制御

手動操作装置のスイッチ、レバーなどで、それを人が作動させている（押している）間に限って機械設備の運転操作ができる電気制御の手法である。スイッチやレバーから手や指を離せば、それに対応する機械設備の動きは直ちに停止（その場停止）する。

スイッチから手を離せば直ちに機械設備が止まるというこのホールド・ツゥ・ラン制御を行えば、緊急事態のときの安全性が高まる。

この制御手法は、寸動スイッチの制御とは若干動作が異なる。寸動スイッチの場合は、ボタンを押したままでいても、一定のごく短い時間（又は一定の短い距離）だけ作動して停止する。しかし、ボタンを押して一旦起動すれば、直ちにボタンから手を放しても所定の時間（距離）だけ作動しないと停止しない。その場停止はしないのである。この差が災害発生の分かれ目になる可能性も否めない。

ｃ．両手制御装置

作業者が両手で操作したときにだけ機械設備の起動（運転）ができるものである。これによって機械設備が起動した時点における当該作業者自身の安全が確保できる。

例えば、プレス機械の両手制御装置は起動に使われているが、人の両手を一定位置に置かせることで作業位置を固定し、当人が危険源に近づけないように設計されている。したがって、両手制御装置の設置位置には十分な配慮が必要である。手の動きを封じても、頭や足が危険源に届いてしまっては何にもならない。また、片方のボタンをテーピングして押したままの状態にした場合には、起動できない

ようにするなど電気制御的な不正行為防止対策は欠かすことができない。
　なお、この装置ではボタンを押す当人だけしか防護できないことに注意すべきである。

4-4　安全防護によるリスクの低減（手順５－２）

本質的安全設計方策によって合理的にリスクを低減できない場合は、この安全防護で対策をする。これらは単独又は組み合わせて使い、大きく２つに分類できる。

① **ガード**（カバー、柵等で、固定式、可動式等がある）
② **保護装置**（光線式安全装置、マットスイッチなどのトリップ装置、存在検知装置）

注意しなければならないこととして、ガードや保護装置を付けることによって、新たな危険源が発生する恐れがあるので、十分に吟味する必要がある。

・新たに発生する危険源の例：
　ガードの構造による危険
　　鋭利な先端部、角部による傷害。危険又は有害な材料による傷害。

　ガードの動作による危険
　　可動部でのせん断、押し潰し、はさまれ、及びガードの落下等による傷害。

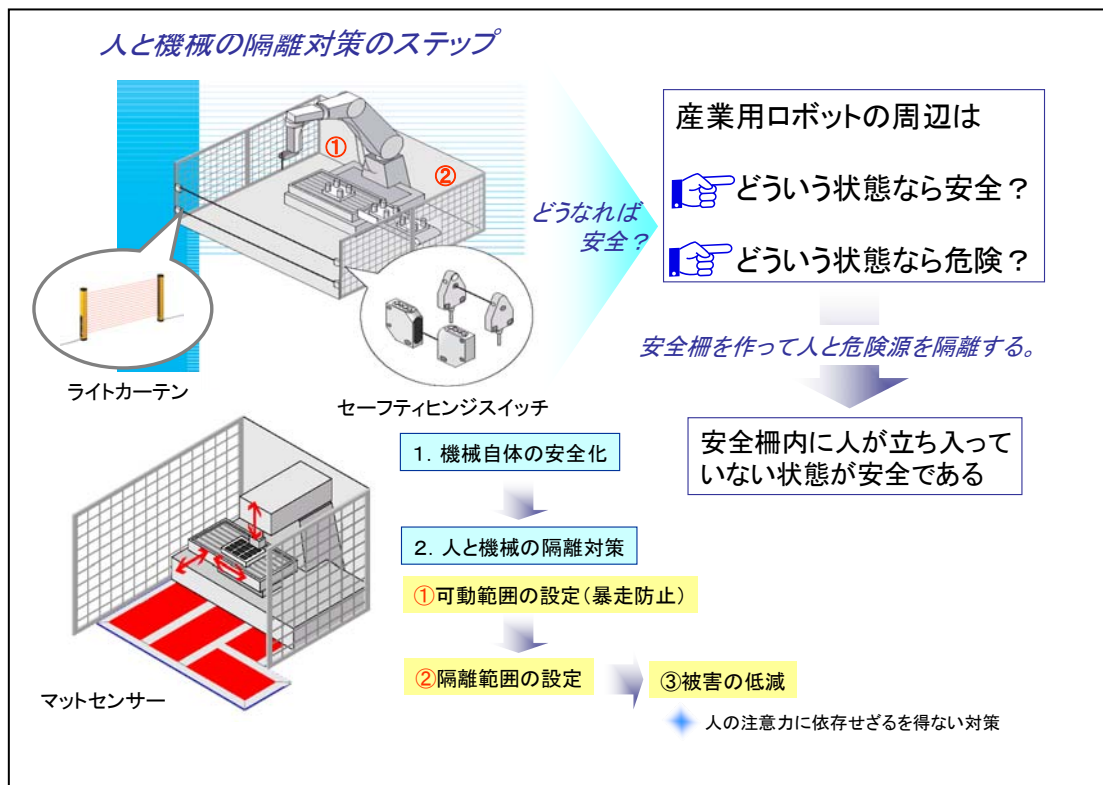



図１８：人と機械の隔離（例）

4-4-1　ガードによるリスクの低減

ガードの機能：

ガードには、人が危険源に接近するのと、危険源の方から人に接近してくるのを防ぐという両面がある。

ａ．ガードで遮った空間より内側に人が接近するのを防止する

体全体又は体の一部の危険源への接近、接触防止

ｂ．機械設備が排出する様々な物質とエネルギーに起因する災害を防止する

切り粉、溶接スパッター、切削油、ワーク自体の飛散防止

騒音、熱（赤外線）、アーク溶接などの紫外線、放射線の防止

①**固定式ガード**（工具を使用するか、取付け部分を破壊しないと外せない）

・恒久的に固定(溶接など)か、工具を使って外さないと中に身体部分が入らない構造のもの
・リスク低減に最も効果的な位置(場所)に常に保持できるもの

②**調整式ガード**（機能上、危険区域を完全に包囲できないときに使用）

・運転中には、調整済み状態が固定のままで変化しないもの

・ガードの調整は、工具を使わないで簡単な操作でできるもの

③可動式ガード（工具を使用しないで開くことができる）

③－１インターロック付きガード

・ガードを閉じないと、当該の危険な機械機能の運転を開始できない
・運転中にガードを開くと、機械停止指令を発報する

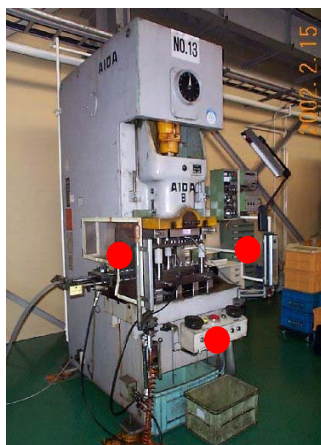
注意：停止に時間がかかり危険となる場合は、これを選択することはできない。その場合は、次の③－２を選択すること。

③－２施錠式インターロック付きガード

インターロック装置とガード施錠装置を共に備えた形式のガード。

・ガードで覆われた危険な機械機能は、ガードが閉じた上、施錠されないと運転できない
・危険な機械機能の運転が停止しないと開錠できず、またガードを開くこともできない

規格では

危険源を設計方策により適切に除去できない，又はリスクを低減できない場合，危険源への暴露を制限する，危険事象の発生確率を低減する，又は危害回避若しくは制限を向上させるために安全防護策（ガード及び保護方策）を適用しなければならない。

前面エリアセンサーのみの設置

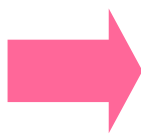
リスクアセスメント後の改良箇所

前面：ライトカーテン
侵入可能領域：固定ガードによる隔離

図１９：ガードの例

4-4-2　保護装置によるリスクの低減

保護装置は、身体全体又は一部が所定の限界を越えて危険源に近づいたとき機械設備が自動的に止まる(トリップする)機能や、特定の区域内に人が存在するか否かを検知して機械設備の起動を制御する機能を持っている。これらのほとんどは、電気制御システムで安全を確保する装置である。

保護装置には、光線式安全装置(ライトカーテンなど)、エリア内存在検出センサー(レーザースキャナーなど)、圧力検知マット、トリップワイヤなど様々なものがある。なお、トリップだけか、存在検知だけに使えるのか、両方の機能で使えるのかは、個々の製品によって異なる。

①トリップ装置、存在検知装置

・これらの保護装置に使う信号はできる限り安全側を「オン」(高エネルギー状態)にする 断線など、エネルギーが低下する方向の不具合が多く、その場合は「危険」と見なせる
・危険領域の手前に設置する光線式安全装置では、透過型を用いることで「安全確認型」の機能を持たせる。光軸の通光が成立しなくなる装置の故障は、「危険」とみなされるので、安全側故障となる。 一方で、安全領域に人がいることを検出する光線式安全装置では、反射型装を用いることで「安全確認型」の機能を持たせる。この場合に透過型を採用すると、光軸の通光が成立しなくなる装置の故障は、「安全」とみなされるので、危険側故障となる。

4-5　付加保護方策によるリスクの低減（手順５－３）

本質的安全設計方策や、安全防護で対処しきれなかったリスクを低減するには、次善の策である付加保護方策を用いて対処することになる。

主なものは、次の４点である。

１）非常停止機能

２）エネルギー遮断・消散機能

３）被災者の脱出・救助手段

４）機械設備の安全な運搬手段そのほか

これらは、あくまで補足的な手段である。これを主たる方策とせず、できる限り本質的安全設計方策や安全防護で対策すべきものである。

なお、非常停止装置については、順位２までの方策でリスクが十分低減されたとしても、完全に除去されていない場合もあるため、万一を考慮して設置する必要がある。

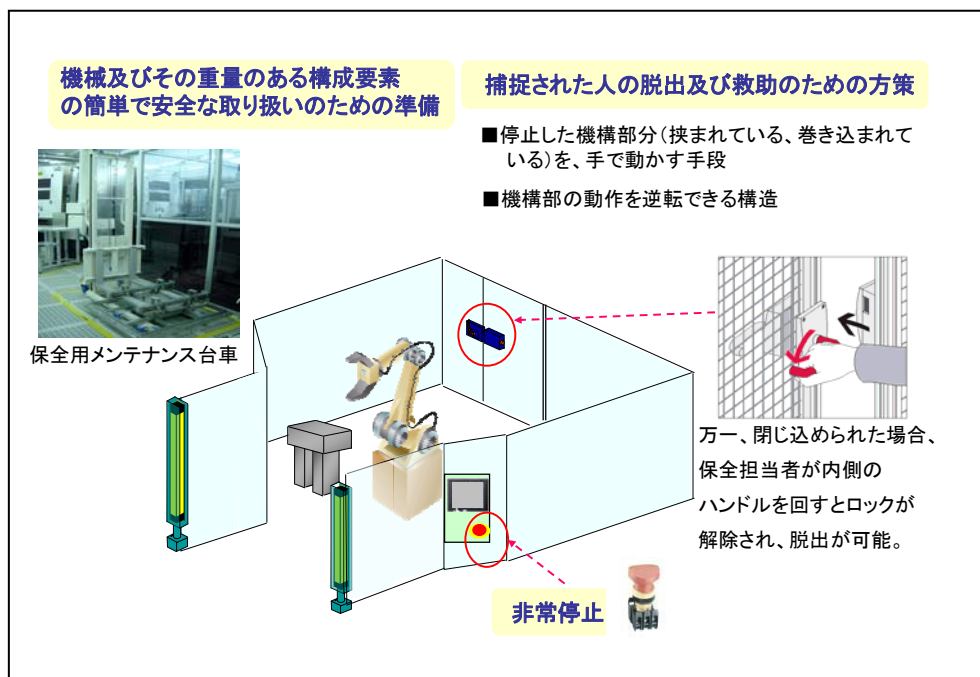



図２０：付加保護方策（例）

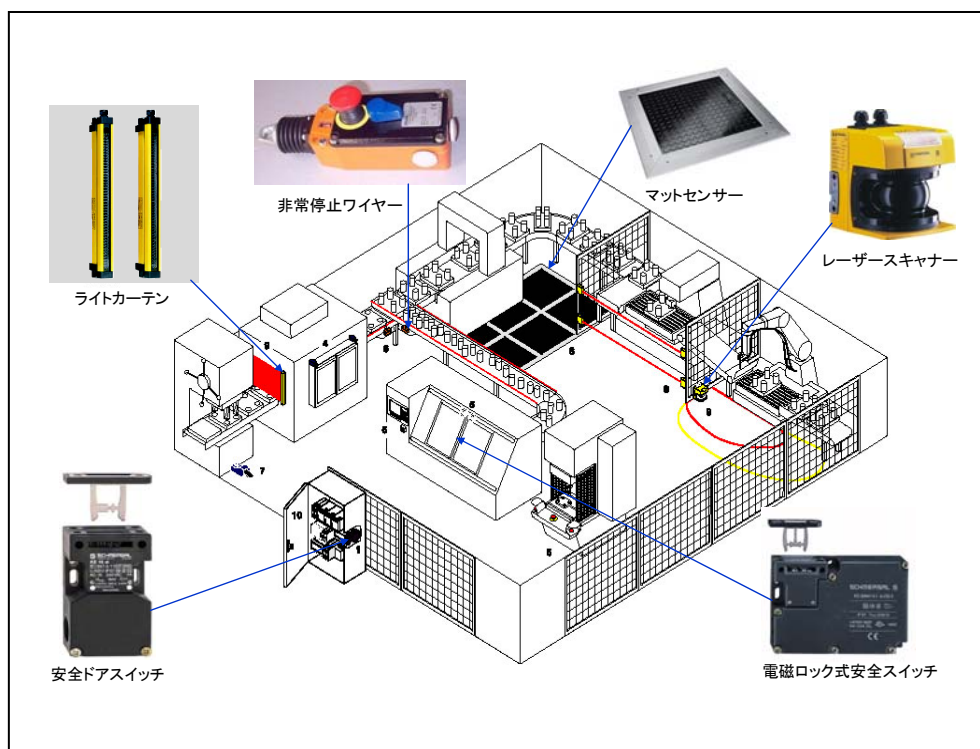



図２１：必要な安全防護及び追加の安全方策（例）

4-5-1　非常停止機能

生産用のほとんどの機械設備は、作動を止めることで安全が確保できる。（停止の原則）通常、電気・電子回路（制御システム）で非常停止機能を実現している。

非常停止ボタンを設置する場所については、十分に検討する必要がある。定位置にいるオペレーターが直ちに押せる場所か、通常の生産状態のとき、素材搬入用パレット、そのほか、機械設備の周辺に置かれ得る様々なものが邪魔にならない場所か、すべてのオペレーターの配置位置の近辺に設置されるかなど、誰でも、どんな状況にあっても必要なときは直ちに押せるように設置しなければならない。

さらに、以下に非常停止機能に欠かせない要求事項（要件）の一部を示す。

非常停止装置の要件

・非常停止用の押釦、レバーなどは明確に識別・視認かつ操作できること
・非常停止釦などに作業者等が安全かつ容易に接近できること
・新たな危険源を生じることなく迅速に機械設備を停止できること。そうでなければ非常停止が最善策かどうかも見直してみること
・非常停止を解除しても、直ちに機械設備が再起動しないこと
・非常停止の解除は、非常停止を発した位置でのみ可能であること
・使用制御機器の信頼性・性能を適切に選択すること

※　より詳細な規定は、JISB9703:2000　を参照されたい。

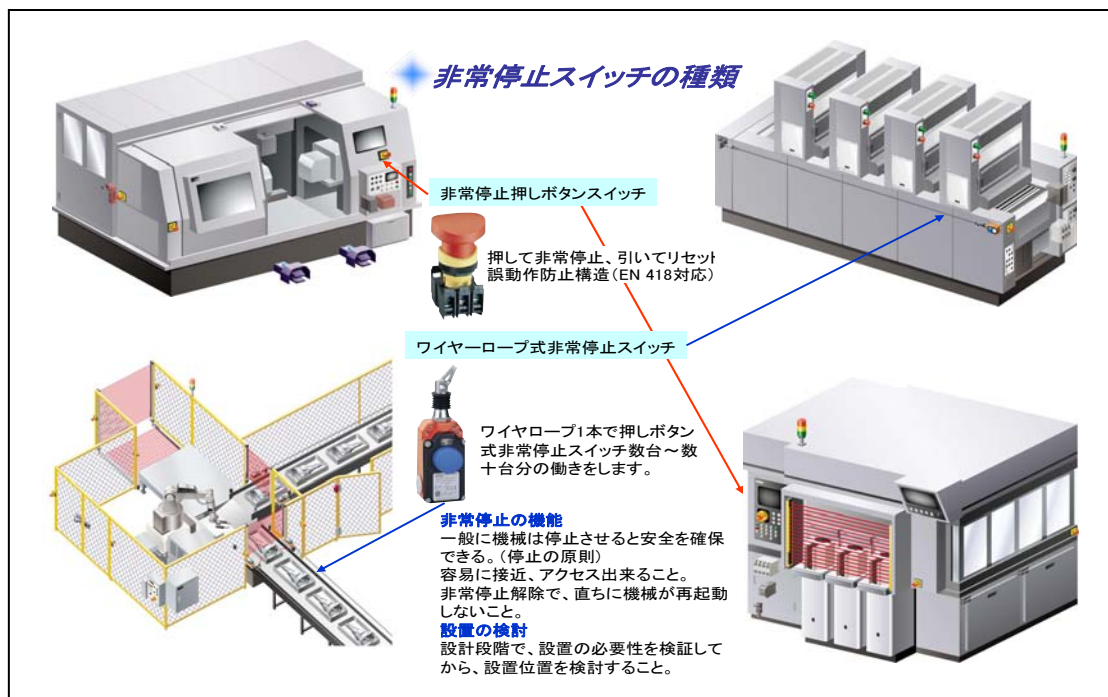



図２２：非常停止スイッチの種類

4-5-2　エネルギー遮断・除去機能
（電気、油圧、空圧、位置エネルギーほか）

供給される各種のエネルギーを主に手動で遮断する、又は蓄積したエネルギーを除去することで機械設備の作動を止める方法である。（停止の原則）

蓄積エネルギーの除去（解放・消散）とは、タンクに溜まった油圧、空気圧などの圧力を抜いたり、位置エネルギーをゼロにしたりする（これ以上下げられない位置まで下げる）ことである。

以下の事項に留意が必要である。

・不具合発生時にエネルギーをゼロにする手段を設ける
・必要な場合には機械的なブレーキを掛ける
・遮断したエネルギーを単純な手段で復活させない（施錠措置などにより）

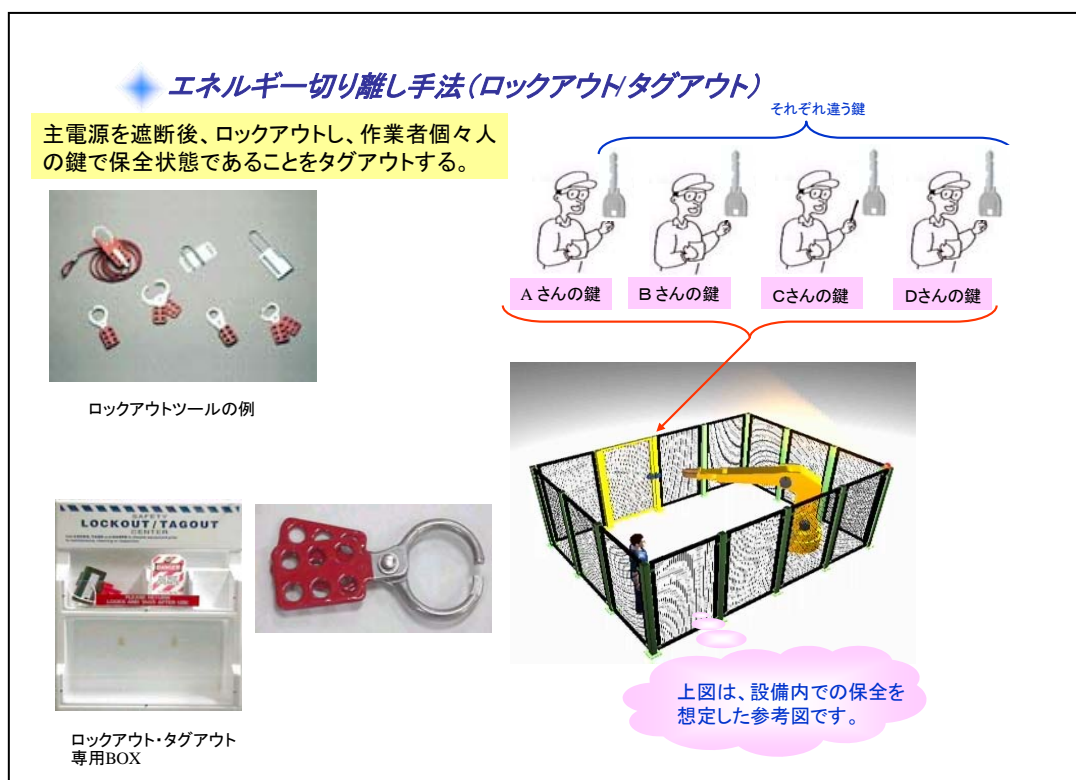



図２３：エネルギー切り離し手法（ロックアウト/タグアウト）

4-5-3　被災者の脱出・救助手段

災害が起きたときを想定し、被害を最小限にするための方策を考える必要がある。

被災者を早く助け出すことができれば、それだけでもダメージを減らすことになるのは、大震災で壊れた家屋に挟まれて取り残された人の救助例などからも理解できることである。

この方策は、リスク見積り要素「災害発生時の危害のひどさ」を軽減するものとして位置付けることができる。次に挙げる手段が考えられる。

・非常時、作業者が危険源から直ちに逃げられる脱出ルートや避難所の確保
・非常停止で止まった機構部分を、手で動かせるような工夫
・止まった機構部の動作を逆転できる構造(動きを戻して機械設備を開き、逃げ出す)
・救助を求める伝達手段の装備

4-5-4　機械設備の安全な運搬手段そのほか

輸送、設置、解体時などに機械設備を安全に移動させるため、可動部の固定装置、重心位置を考慮した吊りフック(ねじ込み用タップ穴)、フォークリフトの爪の案内溝を設けることなどが必要である。また、機械設備からの転落、機械設備上又は周辺域での滑り、つまずき等を防止することも必要になるので、手すりの付いた作業床やハンドグリップを機械設備に取り付けることや床面の凹凸、段差をなくし、滑りにくい材質の床材を使うことを考慮する必要がある。

4-6　使用上の情報の提供によるリスクの低減（手順５－４）

「使用上の情報」は、機械設備を機械設備製造者から機械設備使用者に納入する際、当該機械設備と併せて提供するものである。

機械包括安全指針に示された「使用上の情報」の定義を次に示す。

使用上の情報：安全で、かつ正しい機械の使用を確実にするために、製造等を行う者が、標識、警告表示の貼付、信号装置又は警報装置の設置、取扱説明書の交付等により提供する指示事項等の情報をいう。

また機械包括安全指針に示された使用上の情報として明示する項目を以下に挙げる。

（１）製造等を行う者の名称及び住所

（２）型式又は製造番号等の機械設備を特定するための情報

（３）機械設備の仕様及び構造に関する情報

（４）機械設備の使用等に関する情報

ア　意図する使用の目的及び方法（機械設備の保守点検等に関する情報を含

む）

イ　運搬、設置、試運転等の使用の開始に関する情報

ウ　解体、廃棄等の使用の停止に関する情報

エ　機械設備の故障、異常等に関する情報（修理等の後の再起動に関する情報を含む）

オ　合理的に予見可能な誤使用及び禁止する使用方法

（５）安全防護及び付加保護方策に関する情報

ア　目的（対象となる危険性又は有害性）

イ　設置位置

ウ　安全機能及びその構成

（６）機械設備の残留リスク等に関する情報

ア　製造等を行う者による保護方策で除去又は低減できなかったリスク

イ　特定の用途又は特定の付属品の使用によって生じる恐れのあるリスク

ウ　機械設備を使用する事業者が実施すべき安全防護、付加保護方策、労働者教育、個人用保護具の使用等の保護方策の内容

エ　意図する使用において取り扱われ又は放出される化学物質の化学物質等安全データシート

機械設備製造者としては、「使用上の情報」を提供して残留リスクについて警告するところまでで方策としては完了であるが、機械設備使用者は、この情報を基に自ら技術的対策、人的な対策を立てなければならない。

機械設備製造者が提供する情報の内容は、次の２つに大別できる。

4-6-1　機械設備の「意図する使用」の情報

「意図する使用」とは、機械設備製造者の設計者が想定した正しい機械設備の使用方法のことで、機械設備使用者もそのとおりに使うことを、機械設備製造者は想定する。

この「意図する使用」情報の重要なポイントは、機械設備を安全に正しく使えるように操作方法等を明示することである。機械設備製造者から機械設備使用者（管理者、機械設備オペレーター等）に伝えるべき情報として、一般的には取扱説明書というかたちで機械設備と共に機械設備使用者に提供される。

4-6-2　残留リスクの情報（作成・通知・警告）

残留リスクとは、機械設備製造者が保護方策の実施段階で検討する４つの方策のうち、順位１「本質的安全設計方策」、順位２「安全防護」、順位３「付加保護方策」ではどうしても低減することができなかったリスクで、機械設備の使用段階においてまだ残っているものをいう。機械設備製造者は順位４「使用上の情報の提供」として、この残留リスクの情報、及びそれを機械設備使用者側で回避するために必要な情報を作成して、機械設備使用者に提供しなければならない。また、機械設備製造者は「使用上の情報」として、機械設備の取扱説明書に残留リスク情報を盛り込む場合がある。

・具体的に機械設備使用者に伝える事項は残留リスクそのものの情報のほか、リスクの程度や内容により、機械設備使用者が実施すべき次の項目（いずれか、又は全部）が盛り込まれる。

☆リスク低減のための必要性に応じ使用する、次の情報である。

①ハザードの場所に関する情報（ハザードマップ）
②追加の防護物の製作、設置に関する情報
③教育訓練、法定資格に関する情報
④保護具の装着に関する情報

なお、③項に関連するが、機械設備使用者側では、残留リスクの程度が高い場合には、該当する機械設備の取り扱いに関する法定資格特別な教育の修了者のみに作業実施又はその区域への入場を許可するというようなシステムを設けることも考慮する必要がある。

・このような残留リスクの情報は、機械使用時の災害をなくすために重要な情報であることから、正確に漏れなく記述し、一覧できる図表などを用いて分かりやすく提供する必要がある。

4-6-3　残留リスク情報の提供に関する機械設備製造者の留意点

機械設備製造者の責務として、残留リスク情報が以下の項目を守っているかを吟味することが重要である。

１）使用上の情報で、設計上の不備を補っていないこと
２）使用上の情報は、機械設備のライフサイクル全般が対象であること

これ以外で大切なポイントとなるのは、情報提供の方法の確認である。情報は取扱説明書そのほかに記載した警告の文章や語句、製品に取り付けた標識、信号等の

警告装置、記号、図表などを使って通知される。機械設備製造者はその警報装置がどこに設置されているか、機械設備のどこに標識が貼ってあるかを明確に機械設備使用者へ知らせる必要がある。

なお、標識や絵文字は要注意である。見る人によって受け取り方が異なる場合があるので、機械設備使用者としてその妥当性にも気を付ける必要がある。

さらに、機械設備のオペレーター等は、その機械設備に関して構造、動作原理、危険性などの知識をほとんど持っていない場合がある。そのような場合でも正しく内容が理解されるのか、チェックしておく必要がある。

4-6-4　機械設備製造者が使用上の情報を作成する上での留意点

・情報は、当該型式の機械設備と明確に関連付けてあるか
・情報の表現があいまいで、意味を取り違える（誤解する）おそれ恐れはないか
・取扱説明書、警告ラベルなど複数の情報に、一貫した用語や単位が使われているか
・経験の浅い機械設備オペレーター等でも十分に理解できる形式、表現になっているか
・機械のライフサイクルを考慮して、文書等の耐久性、耐候性が確保されているか
・通知された情報に基づき、機械設備使用者側で現実的な対策をとれるかどうか
・取扱い説明書は、機械設備使用者から要望があれば、再提供が可能なこと

4-6-5　使用上の情報の提供手段

使用上の情報の提供手段は次の３つに分類される。

① 機械の状態変化や異常状態を知らせるための信号及び警報装置

② 機械を正しく使用するために必要な表示、標識（絵文字）及び警告文

③ 機械の運転や保全のために必要とされる取扱説明書等の文書

それぞれの具体例を以下に示す。

信号及び警報装置	○危険事象の警告のために使用される視覚信号（例えば、点滅等）及び聴覚信号（例えば、サイレン）
表示、標識（絵文字）及び警告文	○ 製造業者の名前及び住所　○シリーズ名又は型式名 ○ マーキング　○文字での表示　○回転部の最大速度 ○ 工具の最大直径 ○ 機械自体及び/又は着脱可能部品の質量（kg表示） ○ 最大荷重　○保護具着用の必要性 ○ ガードの調整データ　○点検頻度

附属文書（特に、取扱説明書）	○ 機械の運搬、取扱い、保管に関する情報 ○ 機械の設置及び立上げに関する情報 ○ 機械自体に関する情報 ○ 機械の使用に関する情報 ○ 保全に関する情報 ○ 使用停止、分解、及び、廃棄処分に関する情報 ○ 非常事態に関する情報 ○ 熟練要員/非熟練要員用の保全指示事項の明確化 ○ ハザードの場所に関する情報

図２４：使用上の情報

4-7　保護方策のリスク低減効果

保護方策がどのような効果でリスク低減に結びつくかの例を以下に示す。保護方策検討時のリスクの再評価の参考にされたい。

＊機械の形状・寸法を変更する⇒危険源除去

例えば、隙間を挟まれない程度に広げる。

＊機械の駆動力を低減する⇒危害のひどさ

例えば、危害が及ばない程度に駆動力を低減する。

＊接近の可能性をなくす⇒暴露の頻度

例えば、レイアウトの変更やガードの設置により、危険区域に接近できないようにする。

＊転倒の可能性を減らす⇒危険事象発生確率

例えば、ステップの滑り止め対策、不要な段差の撤去など。

第５章　リスクの再評価

5-1　保護方策立案後に行うリスクの再評価の概要（手順６）

第３章で示したように、リスクアセスメントでは手順１「機械の制限仕様の指定」から手順４「リスクの評価」でリスクの存在とその大きさを求める。その後、リスクの高いものについては、第４章の手順５で４つの保護方策を適用してリスク低減を図る。

ただし、保護方策を立案しただけでは、その方策が当該のリスク低減に適切、妥当なものかどうか明確ではない。そこで、手順５に続く次の手順としてこの保護方策を再度見直す。それが手順６「リスクの再評価」である。ＪＩＳＢ９７００－１の３ステップメソッドや機械包括安全指針のフロー図（図１として収録）では、「意図したリスクの低減は達成したか？」「他の危険源を生じるか？」という条件分岐だけで表現されているが、ここでは、これをもっと重要で深い内容として捉える考え方をもとに、「手順６：リスクの再評価」という項目を明示する。

なお、手順６では、単に適用を考えている保護方策の見直しを行うばかりでなく、特定の方策に対しては、それに使われるデバイスの安全性能を吟味し適切なものの適用を考える。これが「制御システムの安全関連部」に対するリスクアセスメントである。

5-1-1　保護方策立案後のリスクの再評価とは

手順４のリスクの評価結果に基づき、手順５によって保護方策を立案した場合、その保護方策が妥当なものか、またリスクを適切に低減されたレベルにできるかどうかをチェックする。ここでいうリスクの再評価とは、適切な保護方策かどうかの検証、妥当性の確認及び保護方策を施した状態での「危険源の同定」から「リスクの評価」までのリスクアセスメントの再実施をいう。

このほか、後述する制御システムの安全関連部に対して、これまでとは異なる手法で再度見積り、評価を行い、適切な制御機器・システムを選定する作業がある。

以上のすべてを、「リスクの再評価」という言葉に包含するが、リスク低減策のだめ押しとして、非常に重要な手順である。

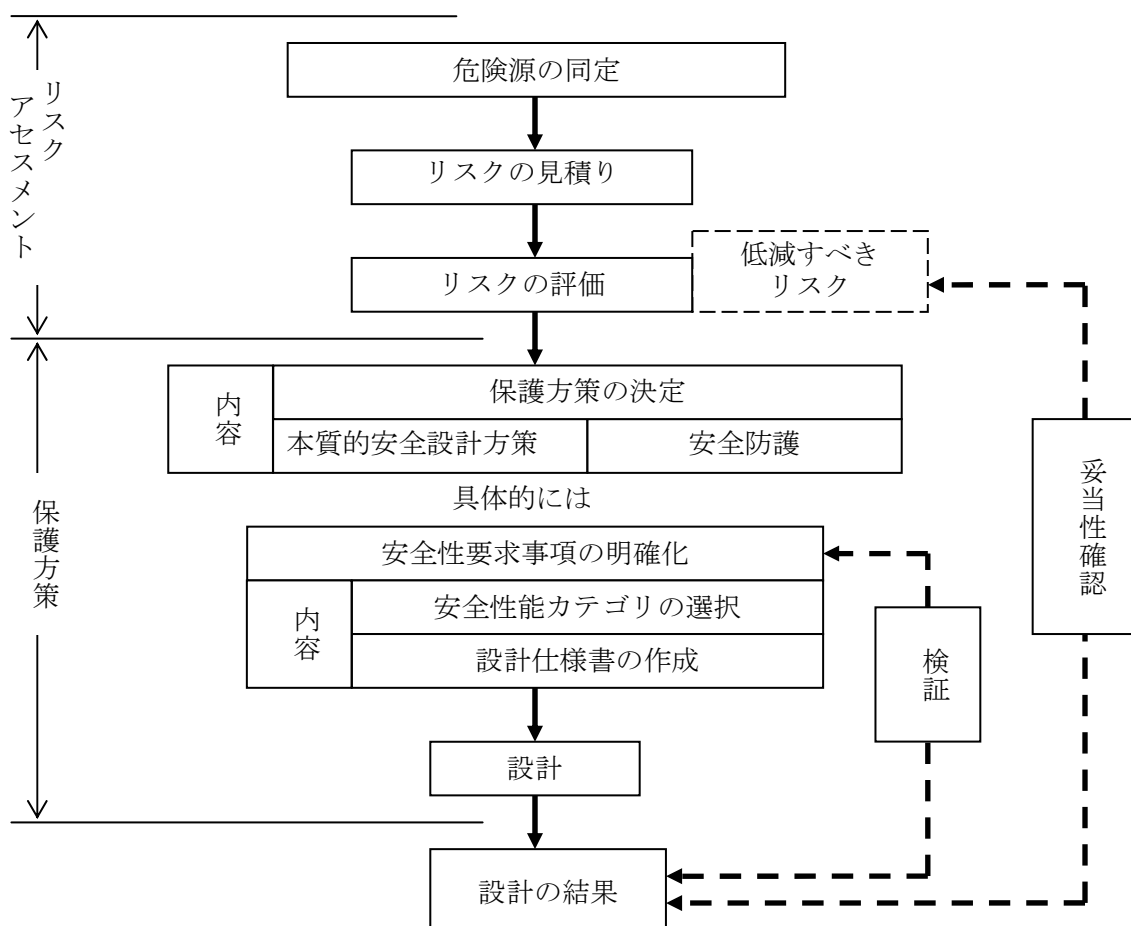
5-1-2　機械設備の安全性を確認するための検証と妥当性確認の実施

図２５の内側の矢印付きの破線で示すとおり、保護方策を立案（まだ実施には至らない時点）したあと、実務的にはそれをかたちにするため、最適な方策を設計することになる。そして最終的に方策としてまとめ上げた（設計完了）のち、労働安全衛生規則や構造規格、ＪＩＳやＩＳＯの規格、当該機械設備の輸出先の国家規格などの安全規格に挙げられている安全性要求事項と矛盾する点はないか、不足している点はないかなどを検

証する。ここで要求事項を満たしていないなどの問題が見つかれば、方策の設計をやり直す必要がある。

続いて、図２５の外側の矢印付きの破線で示すとおり、設計した方策が低減しようとしているリスクを的確に下げられる性能を有するのかなど、方策の妥当性を確認する。効果のない方策ではないか、本当にそれでリスクを下げられるのか、新たな危険源を発生又は誘発することにならないかなど、様々な角度から、その方策が「低減すべきリスク」を十分に低減できるかを確認する（５－２－３で解説）。

新たな危険源を発生又は誘発することが判明した場合は、その方策自体を見直して新たな危険源を発生させないものとするか、別途保護方策を追加して対処するか、いずれかの対応をしなければならない。

図25　機械の安全性を確認するための検証と妥当性確認のプロセス

（図２５は、JIS B 9705-1:2000 の図１を参考に作成）

5-1-3　一般的な機械部分と制御システムの安全関連部のリスクの見積りの違い

設計段階の初期に行う機械設備のリスクアセスメントでは､既に何らかの対策が施されていても、前に述べたように電気・電子制御的な保護装置による保護方策が施されていない前提でリスクアセスメントを実施する。

したがって、リスクアセスメント手順２、３では、まだ「制御システムの安全関連部」は存在していないと考え実施する。なぜなら、もしこのような電気・電子制御的な保護装置が既に取り付けられていたとしても、通常はここで行おうとしているのと同等の安全化手順で立案、設置された保護装置ではないはずで、この見積りに基づく保護方策の立案及び再評価後にリスクに見合った適切な機器・回路構成でその機械設備に取り付けられるべきものだからである。

手順６のリスクの再評価を行う時点で設計した保護方策の中に、電気・電子制御的な保護装置による保護方策が取り入れられているならば、ここで初めて「制御システムの安全関連部」に対するリスクアセスメントを実施する。

手順６では「安全関連部以外の一般的な機械部分」と「制御システムの安全関連部」とに分けて再評価を実施する。例えば、防護柵、固定ガード等機械的な保護方策は前者として、インターロック付の可動扉（電気的な保護装置付き）などは後者として実施する。

前者では、その対策により「さらされる頻度」が少なくなる。これは方策実現の方法如何によらず、一定の安全性能がある。

後者でも、扉を閉じているときは「さらされる頻度」が少なくなり、扉を開くことで人体の進入を検知し、機械設備の危険源を停止させれば「危険事象の発生確率」が少なくなるが、その機能の実現方法は電気的なものであり、さまざまな手段が考えられる。位置検出に使う汎用のリミットスイッチを用いる場合もあれば、非常に安全性能の高い検出器を使う場合もある。汎用のリミットスイッチと、安全に特化した検出器では単品レベルでも信頼性に極めて大きな差がある。死亡災害につながるような個所には汎用のリミットスイッチなどは安全性が低く使えない。つまり、後者の「制御システムの安全関連部」の再評価では、この安全性能をリスクの大小に応じて適切に選び出すことを目的としている。

図26　一般的な機械部分と制御システムの安全関連部のリスクアセスメントの関係

機械のリスクアセスメント

（制限仕様・危険源の同定）
（リスクの見積り・評価）

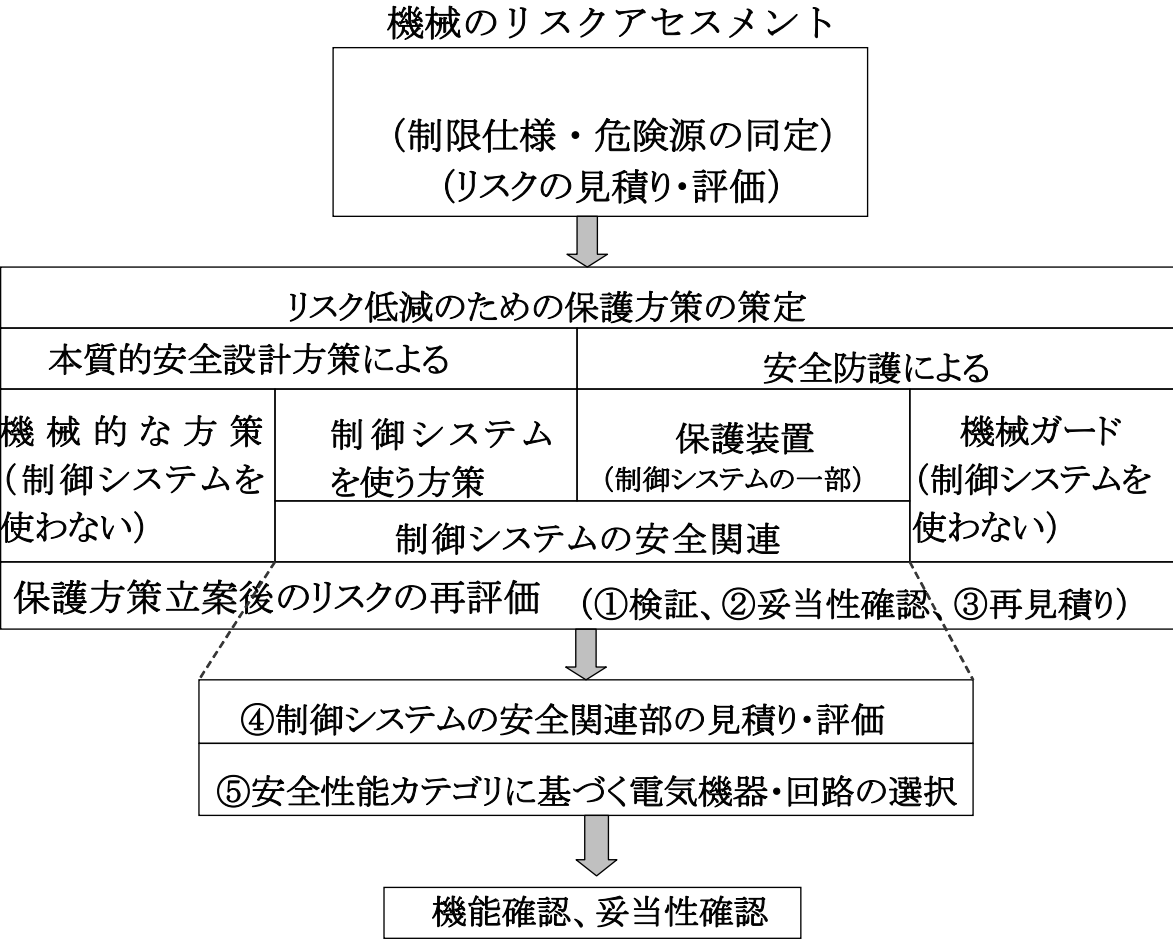
↓

リスク低減のための保護方策の策定			
本質的安全設計方策による		安全防護による	
機械的な方策（制御システムを使わない）	制御システムを使う方策	保護装置（制御システムの一部）	機械ガード（制御システムを使わない）
	制御システムの安全関連		
保護方策立案後のリスクの再評価　（①検証、②妥当性確認、③再見積り）			

↓

④制御システムの安全関連部の見積り・評価
⑤安全性能カテゴリに基づく電気機器・回路の選択

↓

機能確認、妥当性確認

[JIS B 9705-1: 2000（ISO 13849-1:1999）を参考にして作成]

5-2　一般機械部分での再評価の実施

リスク低減の必要性を判断するために実施するリスクアセスメントにおいて、初回の見積り結果のリスクレベルがⅡ～Ⅴとなった場合には、保護方策によりそのリスクの低減を図る必要がある。しかし、現実にはすべてのリスクが適切に低減されたレベルであるⅠにまで下がるとは限らない。

リスクレベルをⅠに下げることを目標として、施すべきすべての保護方策を立案した後でリスクの再見積りを実施した結果、リスクレベルがⅡまでしか下がらなかった場合、これ以上リスクレベルを下げる技術的な方策がないとすれば、このリスクレベルでも適切に低減されているものとする。このとき、保護方策の上位３種類（順位１～３の設備的な方策）で実現できたのであれば問題ないが、順位４の方策（使用上の情報）の適用で適切に低減された場合は、この使用上の情報（残留リスク情報）を機械設備使用者側がきちんと認識し、その機械設備を使用することが条件となる。これを「条件付き適切レベル」と呼んでいる。

もちろん、リスクレベルがⅡにまで下がらずⅢやⅣで止まった場合には、その機械設備をそのまま完成品として譲渡することは中止し、再度、より適切な保護方策を検討する必要がある。このようにして、最終的にはすべてのリスクレベルがⅡ以下になるようにするのが原則である。

5-2-1　再評価の手法

前項５－１－２で保護方策の検証及び妥当性の確認ができたら､次に保護方策を施した（実際には実施予定の段階）機械設備のリスクについて、再度リスクの見積り及びリスクの評価を実施する。手法は第３章で紹介したものと同様である。

この再評価は、単に確認のためもう 1 度実施するということではなく、一般機械部分と制御システムの安全関連部とを別々に、しかも初回とは異なった手法で実施する。

まず、一般機械部分から再評価をする。一般機械部分とは、制御システムの安全関連部、すなわち主として電気制御で作動する保護装置がなく、純粋に機械の機能（形状）だけで作られた保護方策（安全防護物）をいう。

再評価では、手順５で設計した保護方策を施した状態でリスクの低減がなされるかどうか、リスクの見積りを行う。例えば、リスク発生個所にカバーを取り付けた、安全柵で囲ったなど、保護方策を適用している状態でのリスクの見積り・評価を行う。初回では保護方策がない状態で実施するから、この点が大きく異なる。

ここで、保護方策とその効果が、

①　危険源を完全に除去したことにより、危険源がなくなった

又は

② 適切な隔離の原則又は停止の原則を採用したことにより、危害の発生可能性が十分に低下した

と見なせる場合は、本書で取り上げたマトリクス法では、リスク要素の値はＳ１、Ｋ１（数値法ではそれぞれ１）となり、リスクレベルはＩとなる。

なお、危険源の除去が十分でない場合や、採用された隔離の原則、停止の原則が十分でない場合、すなわちリスクレベルがＩに下がらないものについては、保護方策を見直したのち、改めてリスクの再見積りを実施する。この場合、設備的な方策ではどうしても解決しないことがある。そのときは使用上の情報（警告表示など。機械設備使用者の場合は、残留リスク対策）で対応することになる。

前に示したとおり、この残留リスク対策でリスクレベルが適切レベルになった（Ⅱ以下）場合は、これを条件付き適切レベルとする。

この、「条件付き」の意味は、警告表示や残留リスク対策、すなわち主に人に頼った安全管理対策を、作業者や、その機械設備に関係する人々に守らせることができる、守ってもらえる、という条件をもって適切レベルだとすることである。

最後に、採用した保護方策が新たなリスクを発生させていないか、さまざまな見地から検討し確認を行う。当然であるが、新たなリスクが発生している場合には、再度リスクアセスメントと保護方策を実施する。

なお、手順５の順位１～４の保護方策の実施可能ないかなる方策をとっても、また、機械設備使用者が実施できるどのような残留リスク対策をもってしても、適切なリスク低減を達成できないと考えられる場合には、その機械設備の製造は中止し、別途、根本対策を考えなければならない。

5-2-2　適切に低減されたリスクレベルの判定及び一般的概念

最初のリスクアセスメント実施時には、適切に低減されたリスクか否かの判定は、リスクレベルＩ（適切）か、リスクレベルⅡ以上（不適切）かが境界になる。なお、この段階でのリスクの適切性の可否判定とは、事実上、リスク低減策の要否を判断することを意味する。

ここで不適切と判定したリスクに対しては、リスク低減策が必要となるので、適切な対策の実施を検討しなければならない。リスク低減策を講じた後のリスクについては、この手順６のリスクの再評価で判定することになるが、ここではリスクレベルＩ及びⅡの２つのリスクレベルまでを適切に低減されたものとする。このことは、残ったリスクは適切に低減されていると見なし、その機械設備をユーザーが使用できることを意味する。すなわち適切なレベルのリスクの幅が広がったことを意味する。ただし、この条件付きとは、４

つの保護方策の中の「使用上の情報の提供」をもとに、機械設備使用者側の作業者等に委ねた残留リスク対策を彼ら作業者等が正しく実施すると確信できる場合をいう。いずれにせよ、「条件付き」を適切に低減されていると認めることによって、すべてのリスク低減策を技術的な保護方策によって講じなければ機械設備を使用できないという事態を避けることができる。

なお、機械設備全体として適切レベルにリスクを低減できているか否かの判断は、表２３（リスクが適切な保護方策により低減されたかの判断基準）を十分に吟味して行う。

表23　リスクが適切な保護方策により低減されたかの判断基準（リスク低減目標）

（JISB9700－1:2004、JISB9702:2000を参考に作成）

	リスク低減目標（リスクが適切な保護方策により低減されたかの判断基準）
1	すべての運転条件、すべての介入手順で発生するリスクを把握し、その低減に配慮している
2	次によって危険源が除去されたか、低減された ・設計的観点による除去又は低減 ・危険性の少ない材料、物質への取り替えによる除去又は低減 ・安全防護による低減
3	同定されたすべての危険源、危険状態で生じるリスクが除去されたか、少なくとも適切なレベルに低減された
4	専門及び工業分野の使用のために設計された機械設備が、非専門及び非工業の分野で使用されるときのリスク低減に十分配慮している
5	採用する保護方策のために、新しく予期せぬ危険源が生じないのは確かである
6	採用する保護方策は、業務遂行を妨害しない ・操作手順が、使用者等の技量と調和している ・オペレーターの作業条件及び機械設備の使い易さが悪くならない ・機械設備の機能・性能を過度に低下させない
7	採用される複数の安全防護は互いに支障なく成り立つ（同時に実現可能である）
8	使用上の情報は、十分、かつ明確である ・安全作業慣行及び作業訓練の要求事項は適切である ・保護具が必要な場合、その必要性説明とその訓練の要求事項は適切である ・ライフサイクル上のすべての残留リスクを十分に通知し、かつ警告している
9	考え得る付加保護方策を立てた

「適切に低減されたリスクレベル」についての一般的な概念は、「リスクのレベルが低く、リスク低減策なしで放置しても災害を発生させる可能性がほとんどないもの」であるが、これについて国際規格では、ＩＳＯ／ＩＥＣガイド５１に、「その時代の社会の価値観に基づいて、所定の状況の中で受け入れられるリスク」と定義され、同時に、「絶対安全の理想と、製品、工程又はサービスによって満たされるべき要求と、使用者の利益、目的適合性、コストパフォーマンス及び関係する社会の慣行との間のバランスの結果である」と述べられている。

すなわち、適切に低減されたリスクは、さまざまな影響因子のバランスで決まるものであり、また、社会の価値観、技術の進歩等により変化するものであって、機械設備により同一ではなく恒常的なものでもないため、すべての機械設備に対し一律に示すことは困難である。

特定の機械設備に対して適切なレベルに低減されたリスクを決定する際に参考となるものとして、構造規格、ＪＩＳ規格、ＩＳＯ規格（含むＥＮ規格）がある。特に、ＥＵ機械指令に整合するＥＮ規格及びこれをベースに作成された各種のＩＳＯ規格は、基本的安全規格ＩＳＯ１２１００－１、－2:２００３の考え方と同根であるので、これらの規格を満足したものは、リスクアセスメントを実施して適切なリスクレベルを達成したのと同等に扱うことができる。なお、ＩＳＯ１２１００－１、－２:２００３は、ＪＩＳ化され、ＪＩＳＢ９７００－１、－2:２００４として発効しているので、これに沿った対応が望ましい。

5-2-3　妥当性確認（Validation）の方法

（ISO13849－2:2003　機械類の安全性－制御システムの安全関連部　第2部:妥当性確認より）

妥当性確認の対象となるシステムは、以下のとおりである。

１．機械システム
２．空気圧システム
３．油圧システム
４．電気システム

妥当性確認計画の立案は、以下のことを勘案して行う。

対象となる安全機能の妥当性確認プロセスの実行で明確にする内容を次に列記する。ここで原則等を示した表は、上記の４システムのうち、機械システムに相当する内容を挙げている。このほか空気圧システム等にはそれぞれ独特の内容があるので、詳しくはＩＳＯ規格を参照されたい（平成２０年７月現在、未ＪＩＳ化)。

ａ）（機械設備の）仕様文書の識別名称
ｂ）（機械設備の）運転及び環境条件

ｃ）基本的安全原則（抄録）（表２４）

ｄ）十分に吟味された安全原則（抄録）（表２５）

ｅ）十分に吟味された構成部品（省略）

ｆ）特別に吟味された材料等の一部の想定不具合の除外（抄録）（表２６）

表24　基本的安全原則(抄録)

基本的安全原則	備考
適切な材料の採用	・耐久性、摩耗、腐食、温度条件などを勘案する。
適切な製造法の採用	・材料を加工する際の応力、弾性、摩擦、腐食、温度条件などを勘案する。
正確な寸法	・応力、表面粗さ、公差、温度変化などを勘案する。
正確な成形	・応力集中、ひずみ、疲労破壊、スティッキングによる加工面の荒れ、加工硬化による不十分な成形などを勘案する。
システム構成部品の適正な選択、組合せ、配置、組立及び据付	・構成部品等は、カタログ、仕様書、取扱説明書、使用上の情報などを確認して正しい技術的手法で使用する。 ・類似のシステム、構成部品で技術的に優れた使い方をしている例を適用する。
エネルギー遮断原則の採用	・安全状態は、エネルギーの放出(ゼロ化)で得られる。エネルギーの投入で機械設備の運動を起動できる。 ・設備の運転モードには、自動運転モード、手動運転モード、保全モードなどいくつかあるので、それぞれ検討する。 ・保持している製品等の落下を防ぐためにクランプ装置のエネルギーを維持するなど、例外もある。
適切な固定	・ネジ固定では、適切な締め付けトルクの管理が必要な場合(個所)がある。 ・過大な締め付け力は、ネジを破損する要因となる。 ・各種のネジロック製品は、その使用上の情報を十分に検討してから使用する。
流体(水)やほこりの適切な侵入防止	・IP等級を検討する。IPxyで、xは固体異物の進入(無保護から、防塵耐久の6段階)、yは水の進入(無保護から、水中での常時使用の9段階)の保護等級である。 (IEC60529:2001 参照)

表25　十分に吟味された安全原則（抄録）

十分に吟味された安全原則	備考
慎重に選択した材料及び製造法の採用	・適切な材料、適切な製造法及び用途に関連する処理の選択。 ・例えば、強い衝撃を受ける個所の鋼材にマンガン鋼を使用する（鉄道レールの分岐器［ポイント］部分など）。
方向性の障害モードを持つ構成部品の使用	・構成部品の主な障害モードがあらかじめ分かっていて、常に同じであるもの。すなわち、安全側に故障するようにシステムを構成できる。 ・例えば、ヒューズは断線する方向にしか壊れないが、ブレーカーは故障するとオフしない可能性もある。 ・JISB9700－2:2004 ISO12100－2:2003の4．12．2参照。
固定法の慎重な選択	・摩擦だけに依存することを避ける。
複数の構成品の連動による、ポジティブな機械動作	・構成品間の従属的動作（例えば、並列運転）は、直接接続や剛体を介してのポジティブな機械的リンクによって得られる。 ・ばね等を使って一方の構成品が自由に動くものには、構成品相互にポジティブな機械作用はない。 ・JISB9700－2:2004 ISO12100－2:2003 の4．5参照。

表26　特別に吟味された材料等の一部の想定不具合の除外（抄録）

検討する不具合	不具合の除外	備考
摩耗／腐食	・使用材料、設計寸法の余裕度、製造プロセス及び適正な潤滑が慎重に選択される場合、指定された設計寿命に応じてこの不具合は除外できる。	JISB9705－1:2000 ISO13849－1:1999の7．2を参照。
たるみ／ゆるみ	・使用材料、製造プロセス、ロック手段及びその処理法が慎重に選択される場合、指定された設計寿命に応じてこの不具合は除外できる。	

注：不具合リスト及び不具合の除外について

表26は、いくつかの不具合の除外及びその理論的根拠を表現したものである。

除外を検討するにあたり、不具合発生の正確な瞬間（タイミング）が重要なことがある。

5-3　制御システムの安全関連部での再評価の実施

制御システムの安全関連部（分かりやすく言えば、電気的な保護装置とその制御回路）に関するリスクアセスメント（リスクの再評価）の結果、やるべきことは、そのリスクレベルに応じた安全性能を持つ電気機器や回路を当該の保護装置に採用することであって、新たな方策を立てたり、方策を追加することではない。

この「リスクレベル」という言葉は「一般的な機械部分」の見積り・評価で既に使われ、表１にもその基準例が載せてある。一方、「制御システムの安全関連部」でも、リスクの大小を表す用語として、同じ「リスクレベル」を使う例が見られる。しかし、これは上に書いたとおり、意味するところが異なる。これを混同して、「制御システムの安全関連部」の見積りをしたあとは、リスクレベルを下げなくてもよいと判断する人がいるので、ここでは、一般的な機械部分の評価に使っている「リスクレベル」という言葉は使わずに、安全関連部に関しては「リスククラス」という言葉に置き換えて使用する。

5-3-1　再評価の手法

初回のリスクアセスメント（この段階ではまだ保護方策としての「制御システムの安全関連部」は存在しないものと考える）の結果、リスクレベルがⅡ以上となった場合には、何らかの保護方策を立てなければならない。その際、機械設備に施す保護方策としては、手順５の「本質的安全設計方策」、「安全防護」、「付加保護方策」があり、この順位で優先適用を考える。そしてこれらの方策を実現するために保護装置として電気機器とその制御回路を準備し、それをそのまま保護方策として使ったり、機械的な方策と併用して使ったりすることになる。この電気制御に関係する部分が「制御システムの安全関連部」であり、故障するとリスクが増大する。

一例として、ある特定のリスクに対する低減策は、この「制御システムの安全関連部」を構成する電気機器、回路、付随する可動部、純粋に機械的な防護物等の組み合わせで実現できるものとする。この方策を採用しようとする時点でリスクの再見積りを行うわけであるが、先にこの組み合わせの方策全体を適用したときにそこに存在していたリスクがどう変わったかを、一般機械部分の再評価と同じ手法で見積る。もしここで、リスクレベルがⅢまでしか下がらなければ再度保護方策を考え直すことになるが、リスクレベルがⅡ以下となった場合には、引き続き「制御システムの安全関連部」についてのリスクの見積りを行う。この場合には、そのリスクを低減するための純粋に機械的な防護物等は付いているが、「制御システムの安全関連部」は機能しないという前提で見積る。

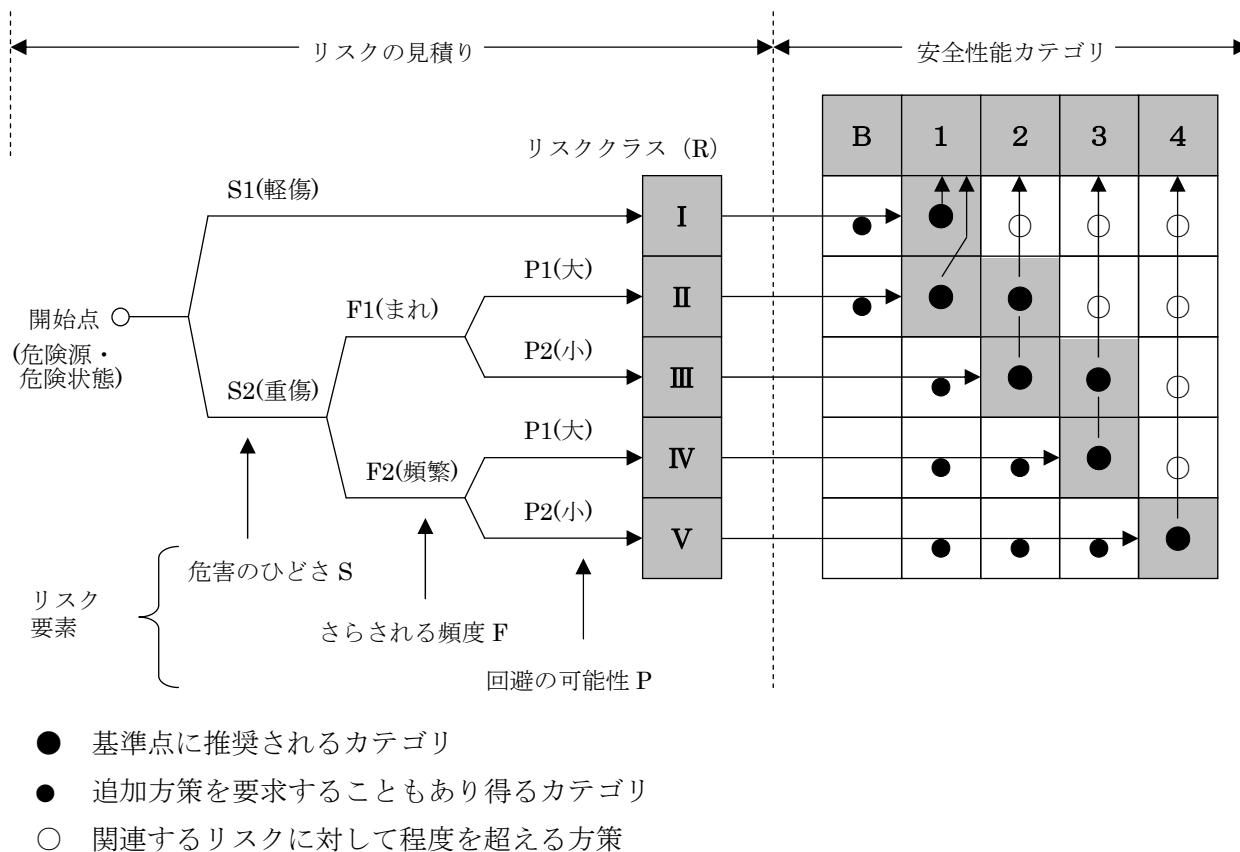
具体的な手法として図２７の左側、リスクの見積り部分に示した２分法を使って、リスククラスを決める（この２分法の図をリスクグラフという）。そのリスククラスに対応する安全性能カテゴリ（JIS B 9705－1:2000 では、単に「カテゴリ」）で要求される安全

性能の電気機器・回路をその「制御システムの安全関連部」に選択採用する。

図27 「制御システムの安全関連部」のリスククラスと安全性能カテゴリ JISB9705−1:2000

● 基準点に推奨されるカテゴリ

● 追加方策を要求することもあり得るカテゴリ

○ 関連するリスクに対して程度を超える方策

5-3-2　安全性能カテゴリ

この、「制御システムの安全関連部」の見積りでは、ここで得られたリスクの大小によって、保護方策を立てるのではなく、既に書いたとおり、そこで保護方策として採用する計画案の電気的なデバイスに、リスクに見合った安全性能を持つものを使うため、カテゴリを選ぶことになる。

この安全性能カテゴリとは、簡単にいえば電気機器・回路の信頼性又は安全性能の要求事項・条件の分類のことである。リスクが大きいほど安全性能の高い電気機器・回路を使わなければならないということである。言い換えれば、安全性能カテゴリに適合した安全性能の電気機器・回路を採用してこそ必要な安全性が確保されると言える。

しかしながら、ここで適切な安全性能カテゴリ又はそれ以上のカテゴリの機器・回路が入手できない・実現できないという事態に陥った場合は、適切なカテゴリを下回るものは採用できないので、別途の対策が必要になる。そこで、３つの“リスク要素”によるリスククラス決定の段階に戻り、いずれかのリスク要素の値が小さくなるような設計変更をするか、又は追加若しくは新規の保護方策を立てて（例えば、さらされる頻度を下げるため自動化するなど)、再度リスククラスを見積ることになる。これでリスククラスが下がった場合には、安全性能カテゴリも下がり、安全性能の要求が緩和されるため、適合する安全性能の機器・回路を選択採用しやすくなる。

安全性能カテゴリは、JISB9705－1:2000(ISO13849－1:1999)に詳しくカテゴリごとの要求事項が決められている。また、その要約の一覧表も挙げられている。表２７にJISB9705－1:2000 の一覧表から意訳した安全性能カテゴリ一覧表を挙げる。

参考：ISO13849－1:1999は2006年に改定されており、翻訳規格であるJISB9705－1:2000も改定の準備中である。
この改定では、制御システムの安全関連部に関する安全機能の維持能力を、従来の「カテゴリ」から「パフォーマンスレベル」と言う指標に変更し、安全関連部を構成する部品は寿命などに影響する信頼性を考慮することになる。

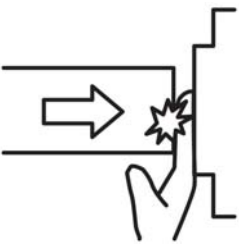
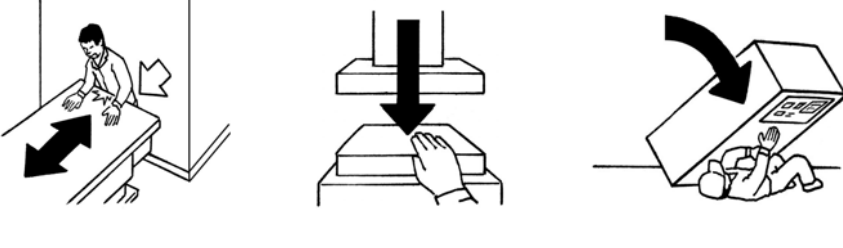
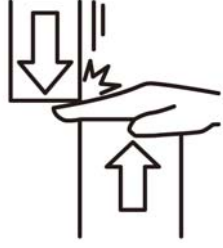
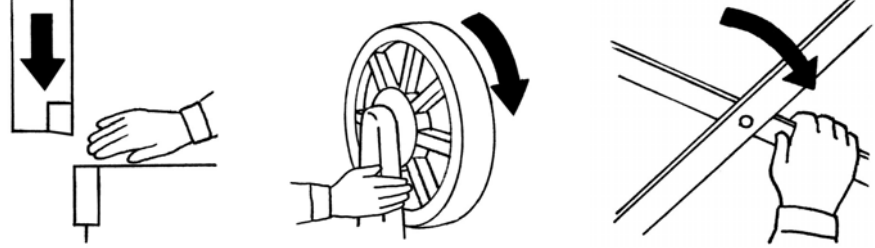
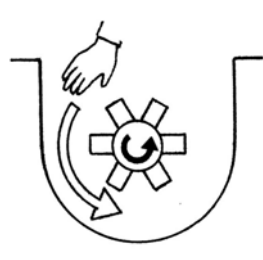



表27　安全性能カテゴリ 一覧表 （JIS B 9705-1:2000 に基づく。）

カテゴリ	要求事項	不具合時の挙動	安全確保の原則
B	制御システムの安全関連部品や防護装置は、発生する不具合に耐えるべき適切な基準に適合するように設計、製作し組み立てるべきこと。	・不具合が発生したら安全機能が損なわれると考えてよい。	主に使用部品の特性によって決まる。
1	カテゴリBの要件を満たすこと。 よく吟味した安全原則に従い、充分にテストされた構成部品を使うこと。	・カテゴリBと同様であるが、使用部品の不具合発生頻度はカテゴリBより低い。	
2	カテゴリBの要件を満たすこと。よく吟味した安全原則に従うこと。 安全機能は、制御システム側で適切な間隔でチェックできること。	・チェック時点から次のチェック時点までの期間はカテゴリBと同様である。 ・チェック時点でのみ安全機能の不具合が検出できる。	主に安全確保のためのシステム構成方法によって決まる。

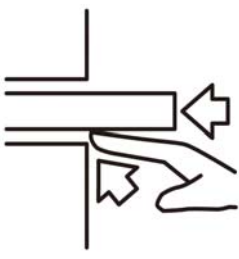
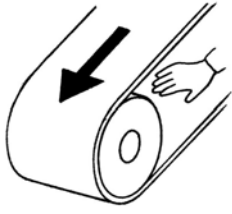
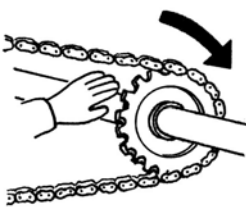
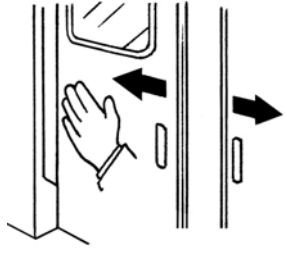
3	カテゴリBの要件を満たすこと。よく吟味した安全原則に従うこと。 安全関連部品の設計要件: ・当該部品に単一の不具合が発生しただけでは、安全機能が損なわれないこと。 ・合理的で可能な限り単一の不具合は検出できること。	・単一の不具合なら安全機能を果たせる。 ・すべてではないが一部の不具合は検出できる。 ・検出できない不具合が重なると、安全機能を損なうことがある。	
4	カテゴリBの要件を満たすこと。よく吟味した安全原則に従うこと。 安全関連部品の設計要件: ・当該部品に単一の不具合が発生しただけでは、安全機能が損なわれないこと。 ・単一の不具合は、安全機能を発揮する時点又はそれ以前に検出できること。 ・それが不可能な場合には、検出できない不具合が重なっても安全機能を損なわないようにすること。	・不具合が生じても常時安全機能を果たせる。 ・安全機能の不具合を未然に防ぐため、事前に不具合が検出できる。	

図２８：危険源の参考図：機械的危険源の具体例の図

1.1	押しつぶしの危険源
基本図	具体例

・押しつぶしは隙間が人体寸法より小さくなることで発生する。

・上図では挟む部分が一方向のみ動いているが、両側が動く場合もある。

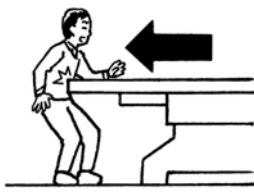
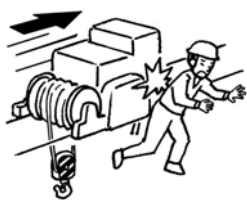
・事故の型：分類番号「７」　項目「はさまれ、巻き込まれ」

1.2	せん断の危険源
基本図	具体例

・せん断は狭い間隔で反対方向の力が働くことで発生する。

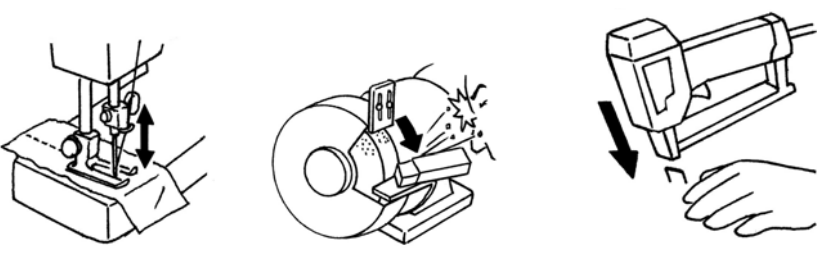
・押しつぶしより小さな力で人体に大きな影響を与えるので注意が必要。

・基本図のように反対方向の力が同時に働く場合と、一方向の力のみが働く場合がある。

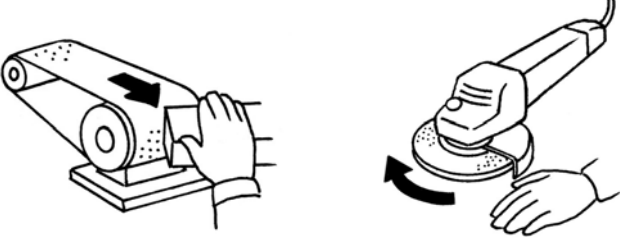
・事故の型：分類番号「８」　項目「切れ、こすれ」

1.3	切傷又は切断の危険源
基本図	具体例

・面取りをしていない鋭利な部品の角、板金部品のバリ部分やボルトのねじ部などもこの危険源に含まれる。

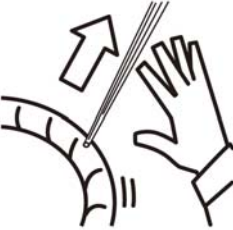
・事故の型：分類番号「８」　項目「切れ、こすれ」

1.4	巻き込みの危険源
基本図	具体例

・回転体に人体の一部や衣服などが引っかかって巻き込まれる。

・事故の型：分類番号「７」　項目「はさまれ、巻き込まれ」

1.5	引き込み又は捕捉の危険源
基本図	具体例

・直線運動する部分から狭い隙間に引き込まれる。

・事故の型：分類番号「７」　項目「はさまれ、巻き込まれ」

1.6	衝撃の危険源
基本図	具体例

・人体に急激に伝わる力をいう。

・機械部品の落下・飛散もこの危険源の一つである。

・事故の型：分類番号「３」　項目「激突」

　　　　　　分類番号「６」　項目「激突され」

1.7	突き刺し又は突き通しの危険源
基本図	具体例

・飛散した砥粒や切り屑などもこの危険源である。

・事故の型：分類番号「９」　項目「踏み抜き」

1.8	こすれ又は擦りむきの危険源
基本図	具体例

・上図では砥石などのざらついた部分が動いているが、動かないざらついた部位も人が触れる可能性があればこの危険源となる場合がある。

・事故の型：分類番号「８」　項目「切れ、こすれ」

1.9	高圧流体の注入又は噴出の危険源
基本図	具体例

・高圧の流体は、ウォータージェット切削加工のような物にも利用されるほどで、危険源になる。

・事故の型：分類番号「４」　項目「飛来、落下」

注：「事故の型　分類番号と項目」は、「労働災害分類の手引き―統計処理のための原因要素分析―」（労働省安全課編、中央労働災害防止協会発行）を参考に追記した。

索引　本マニュアルで使用される主要な用語と記述項番号　五十音順

ラ行

ワ行

【機械設備の安全化推進協議会】 委員(五十音順、◎：委員長)

秋山重司郎　(社)日本電気制御機器工業会　事務局長
石坂　　清　(社)日本機械工業連合会　常務理事
今門　　弘　パナソニック(株)生産革新本部　環境施設・品質グループ　グループマネージャー
梅崎　重夫　(独法) 労働安全衛生総合研究所　機械システム安全研究グループ　部長
西條　広一　オークマ(株)ＦＡシステム本部　主管技師
齋藤　　剛　(独法) 労働安全衛生総合研究所　機械システム安全研究グループ主任研究員
佐藤　昌良　(株)東京機械製作所　ＲＤ・知財管理担当　取締役常務執行役員
杉本　　旭　長岡技術科学大学　専門職大学院　技術経営研究科　システム安全系　教授
内藤　博光　ソニーファシリティマネジメント(株)厚木事業部　セーフティサポート部　統括部長
仲摩　恵一　(社)日本電気制御機器工業会　事務局長
松本　俊次　技術コンサルタント　技術士
◎向殿　政男　明治大学　理工学部　教授

【マニュアル作成に関する作業部会】委員（五十音順、○：部会長)

阿部　雅二朗　国立大学法人 長岡技術科学大学　システム安全系　准教授
居相　政充　中央労働災害防止協会　技術支援部 技術指導課　専門役
川池　　襄　(社)日本機械工業連合会　標準化推進部長
○佐藤　昌良　(株)東京機械製作所　RD・知財管理担当　取締役常務執行役員
清水　尚憲　(独法)労働安全衛生総合研究所　機械システム安全研究グループ　上席研究員
内藤　博光　ソニーファシリティマネジメント(株)厚木事業部　セーフティサポート部　統括部長
松前　嘉昭　(株)ＩＨＩ　技術開発本部　品質システム推進部　部長
水野　恒夫　(株)ブリヂストン　安全管理部　主任部員

機械設備のリスクアセスメントマニュアル
機械設備製造者用

（平成２１年度　厚生労働省委託
機械包括安全指針に基づく機械設備に係る表示制度、
使用上の情報提供等の促進事業）

平成２２年３月
中央労働災害防止協会　技術支援部　技術指導課
〒１０８－００１４　東京都港区芝５－３５－１